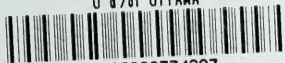


U d/of OTTAWA



39003000774207

SAN 7-70



Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
University of Ottawa

<http://www.archive.org/details/produitscommer00spre>

02

PRODUITS COMMERCIALES

e t

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

p a r

Marcel SPREUTELS

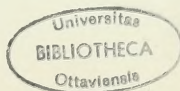
Ingénieur commercial U.L.B.

Directeur au
Ministère des Affaires étrangères
et du Commerce extérieur

ooo

Tous droits réservés

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SUPERIEURES
57, rue de Florence
BRUXELLES-5



HF
1041
.567

PREMIERE PARTIE

PRODUITS COMMERCIALES

000000

o

A. ELEMENTS DE CHIMIE GENERALE

DIFFERENCE ENTRE LES PHENOMENES PHYSIQUES ET LES PHENOMENES CHIMIQUES

Lorsqu'on veut connaître la nature intime d'un corps, étudier ses propriétés, il faut le mettre en contact avec d'autres corps, ou bien faire agir sur lui certains agents, tels que la chaleur, l'électricité. Deux cas peuvent se présenter. Les exemples suivants présentés par J. Pelouze et E. Frey les illustrent.

Si nous prenons une tige d'argent et que nous l'échauffons graduellement, il nous sera facile de constater qu'elle s'allonge, et d'autant plus que la température à laquelle elle est soumise est plus élevée; mais la laisse-t-on se refroidir, elle reprend exactement sa longueur primitive. Si la température à laquelle nous la portons est suffisamment élevée, nous pourrions en provoquer la fusion; mais, dans ce cas, il suffit de couler le métal fondu dans un moule de forme convenable pour reproduire la tige primitive avec toutes ses propriétés. Les phénomènes auxquels nous venons de donner naissance et qui sont connus sous les noms de dilatation et de fusion, ont fait subir, au corps, des modifications tout à fait passagères, qui n'ont altéré en rien sa constitution : ce sont des phénomènes physiques.

Répetons maintenant la même expérience en nous servant, au lieu d'une tige d'argent, d'une tige de cuivre. Nous constaterons tout d'abord, comme dans le cas précédent, et sous l'action de la chaleur, une dilatation du métal; mais, dès que la température sera suffisamment élevée, d'autres modifications apparaîtront : la couleur rouge, caractéristique du cuivre, fera place à une teinte violette d'abord, puis noire. Si ensuite nous laissons la tige revenir à la température ambiante, nous verrons qu'elle ne reprend plus son aspect primitif; elle a perdu tout éclat métallique, son poids a augmenté. Il y a donc un changement profond et permanent, une altération essentielle de la substance ; nous avons là un phénomène chimique.

Ainsi, tandis que la physique étudie les phénomènes qui n'apportent que des modifications passagères aux corps soumis aux expériences, la chimie étudie ceux qui amènent des altérations profondes dans la constitution de ces corps. Elles sont caractérisées par les combinaisons ou les décompositions qui se sont produites.

DES CORPS PURS

Pour étudier une substance, le chimiste doit déterminer s'il s'agit en l'occurrence d'un mélange ou d'un corps pur. Dans le premier cas, il isolera et identifiera les corps purs constituant le mélange. C'est ainsi que Lavoisier a fait faire un progrès considérable à l'étude chimique de l'air lorsqu'il a démontré qu'on pouvait en extraire deux matières différentes, soit l'oxygène et l'azote atmosphérique, et que la réunion de ces deux gaz reproduisait l'air avec toutes ses caractéristiques.

Les corps purs, qui portent aussi les noms d'espèces chimiques, ou d'principes immédiats, sont définis par l'ensemble de leurs propriétés. Les opérations grâce auxquelles on les isole portent le nom d'analyse immédiate.

On distingue deux types de corps purs. Certains d'entre eux, non fractionnables dans l'analyse immédiate, se transforment en mélange lorsqu'on met en oeuvre des moyens nouveaux; ce sont les corps composés ou combinaisons.

Ainsi l'eau, quand sa vapeur est portée à 1500°, par exemple, fournit deux espèces chimiques nouvelles, l'hydrogène et l'oxygène. On reproduit d'ailleurs l'eau en partant uniquement de ces deux corps (par l'action de l'étincelle électrique, par exemple). Ce sont ces deux opérations, la première appelée analyse élémentaire et l'autre synthèse, qui permettent d'affirmer que l'eau est formée par la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène.

D'autres corps purs se montrent indécomposables, quelle que soit la méthode employée : on les nomme corps simples.

LES CORPS SIMPLES ET LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

A la notation de corps simples, le chimiste Urbain a ajouté celle d'élément. Le corps simple oxygène, par exemple, peut donner, suivant les circonstances, le corps simple ozone ou divers corps composés : eau, gaz carbonique, oxyde de cuivre, etc. Il faut donc en conclure que tous ces corps purs possèdent quelque chose de commun; mais il est impossible de dire que cette partie commune est l'oxygène; ce pourrait être aussi bien l'ozone. On nomme élément cette partie commune, et on dit que l'oxygène, l'ozone, l'eau, le gaz carbonique, l'oxyde de cuivre, etc... contiennent tous l'élément oxygène. Tous les corps purs sont donc formés d'éléments; mais alors qu'un corps simple ne contient qu'un type d'élément, un corps composé est constitué d'éléments différents.

CORPS SIMPLES - MÉLANGES - COMBINAISONS

Nous savons déjà que pour certains corps, quels que soient les moyens mis en oeuvre, on n'obtient jamais une séparation fournissant deux espèces de matières différentes. On dit alors qu'on se trouve en présence d'un corps simple (appelé aussi élément). Ainsi l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le chlore, le sodium sont des corps simples, c'est-à-dire que jamais jusqu'ici on n'a pu, d'un de ces corps, retirer autre chose que lui-même.

Quant aux corps qui peuvent être scindés en plusieurs autres, les chimistes en font deux grandes catégories. Ils appellent les uns des mélanges, les autres des combinaisons. C'est selon la façon dont il a pu obtenir la séparation, que le chimiste classe la substance qu'il étudie parmi les mélanges, ou parmi les combinaisons.

Les mélanges n'ont souvent pas de propriétés physiques constantes. L'eau a un point d'ébullition constant; celui d'un mélange de benzène et d'huile de térébenthine s'élève continuellement, au fur et à mesure de la distillation de la partie la plus volatile (le benzène). Le point de fusion du plomb est constant et se laisse nettement déterminer : celui d'un alliage d'étain et de plomb varie suivant la composition de cet alliage.

Dans tous les corps composés (eau, oxyde de cuivre, acide sulfurique, etc), et de quelque façon qu'ils aient été obtenus, on trouve, par voie d'analyse ou de synthèse, un rapport constant entre les éléments qui y sont obtenus. Ce sont ces corps qui sont nommés combinaisons: Ces dernières possèdent au surplus des propriétés physiques constantes.

EXPLICATION DE LA COMPOSITION CONSTANTE DES COMBINAISONS - THEORIE ATOMIQUE

Nous avons vu que le caractère essentiel des combinaisons chimiques est leur composition constante, le rapport parfaitement déterminé et invariable des poids de leurs éléments constants. L'explication de cette loi des proportions définies (ou des rapports définis des poids) dont l'exactitude a été prouvée par Proust, au commencement du XIXe siècle, fut trouvée presque à la même époque (en 1803) par Dalton. Cette explication est encore admise de nos jours et elle peut être considérée comme la base de la chimie théorique moderne.

On peut concevoir (écrit le professeur hollandais A.F. Holleman) la matière comme divisible à l'infini. Les moindres particules qu'on puisse obtenir apparaîtront à notre imagination comme encore divisibles en une infinité d'autres. Mais les philosophes grecs déjà, convaincus que cette divisibilité devait avoir une limite, avaient qualifié d'atomes les particules de la matière qui ne peuvent plus être décomposées.

Partant d'idées analogues, Dalton (1766 - 1844) a expliqué dans sa théorie atomique, l'invariabilité de rapport entre les poids des éléments entrant en combinaison, c'est-à-dire la constance de ces poids. D'après la supposition de Dalton, les atomes d'éléments divers ont des poids différents, et ceux d'un même élément présentent tous les mêmes propriétés, et, par conséquent, le même poids. La combinaison de deux éléments résulte de la réunion de leurs atomes. Cet ensemble d'atomes porte actuellement le nom de molécule. Il est clair que, de cette notion, découle immédiatement la loi des proportions définies : la réunion d'un atome de cuivre et d'un atome d'oxygène produisant une molécule d'oxyde de cuivre, la composition de ce dernier doit être constante, si l'on admet l'hypothèse ci-dessus exposée. Dalton a encore déduit une autre conséquence de son hypothèse, qu'il a confirmée par voie expérimentale. Il a observé notamment que l'oxygène ne se combine pas seulement avec une quantité bien définie d'atome, mais aussi avec le double de cette quantité, sans toutefois se combiner avec des quantités intermédiaires; il a démontré, par des recherches sur le méthane et l'éthylène, formés tous les deux uniquement d'hydrogène et de carbone, que le premier contient deux fois plus d'hydrogène que le second, pour le même poids de carbone. Il est aisé de voir comment on peut expliquer ces faits en se basant sur la théorie atomique : dans le premier cas, il y a n atomes d'hydrogène et, dans le second, 2 n atomes d'hydrogène en combinaison avec un atome d'oxygène.

L'hypothèse de Dalton fut, plus tard, vérifiée et confirmée par Berzélius. On peut donc considérer comme générale la loi suivante : lorsque deux éléments peuvent se combiner en diverses proportions pour former plusieurs composés distincts, il existe un rapport simple entre les différents poids de l'un des éléments qui se combine avec un même poids de l'autre. C'est la loi des proportions multiples.

Nous traiterons, plus tard, de la réaction chimique et exposerons plus systématiquement les lois qui régissent les combinaisons.

SYMBOLES - POIDS ATOMIQUES - EQUATION CHIMIQUE

Berzélius, le premier, eut l'idée de représenter, par des symboles, les corps simples (actuellement, les éléments) et les corps composés. Les éléments sont désignés par une lettre majuscule qui est en général la première de leur nom.

latin, ou par cette lettre suivie d'une minuscule, lorsque les noms de plusieurs corps simples commencent par la même lettre. Ainsi, l'oxygène est représenté par O (oxygenium), l'hydrogène par H (hydrogenium), l'or par Au (aurium) etc. Un tel symbole ne représente pas seulement la nature de l'élément, mais le poide atomique de celui-ci. Les poids atomiques du cuivre et de l'oxygène étant respectivement 63,57 et 16,00, les symboles Cu et O représentent respectivement 63,57 Cu poids de cuivre et 16.00 en poids d'oxygène.

Il a été établi que dans l'oxyde de cuivre, un atome de cuivre se trouve uni à un atome d'oxygène; l'oxyde de cuivre sera donc représenté par la formule Cu O, laquelle montre, d'abord, qu'il s'agit d'une combinaison de cuivre et d'oxygène et ensuite que dans ce composé, 1 atome ou 63,57 en poids de cuivre s'unissent à un atome ou 16,00 en poids d'oxygène. Beaucoup de composés contiennent plusieurs atomes du même élément. Ce fait s'exprime en plaçant un chiffre, indiquant le nombre d'atomes, en haut et à droite du symbole de l'élément. L'acide sulfurique, par exemple, contient 2 atomes d'hydrogène (H), 1 atome de soufre (S) et 4 atomes d'oxygène (O) par molécule. Sa formule est donc SO_4H^2 (ou bien selon les auteurs) $H^2 SO_4$.

Les phénomènes chimiques peuvent être représentés très simplement à l'aide de symboles et de formules. On représente leur évolution sous la forme d'équations chimiques. Ainsi, la décomposition de l'oxyde de mercure en oxygène et en mercure est représentée par l'équation



De même, l'équation



représente la production de l'hydrogène par l'action du zinc (Zn) sur l'acide sulfurique (SO_4H^2), avec formation de sulfate de zinc (SO_4Zn).

LA NOTION DE VALENCE

1. La valence (du latin valere) est, en chimie, la valeur de combinaison. La valence d'un corps constitue pour ainsi dire, la capacité de saturation d'un atome de ce corps par des atomes d'hydrogène. Quant à la valence-gramme d'un corps, c'est l'atome-gramme de cet élément divisé par la valence.

Le mot valence a été créé pour remplacer le mot atomicité utilisé autrefois par les chimistes, et qui prêtait à confusion.

2. Berz (d'après l'énoncé de la théorie atomique au XIXe siècle) définissait la valence comme étant la capacité de saturation des atomes ou la valeur de substitution des atomes. Cette valence des atomes, soulignons-le, est quelque chose d'essentiellement différent de la force de combinaison ou de l'attractivité réciproque.

3. la notion de valence s'appuie sur l'expérience. Ainsi l'analyse de l'acide chlorhydrique prouve qu'1 volume de chlore y est combiné avec 1 volume d'hydrogène; et comme d'après l'hypothèse d'Ampère et d'Avogadro, 1 volume de chlore renferme autant de molécules qu'1 volume d'hydrogène, on est conduit à admettre que dans l'acide chlorhydrique un atome de chlore est combiné avec un atome d'hydrogène. L'eau se compose de deux volumes d'hydrogène combinés

à 1 volume d'oxygène; un poids d'eau déterminé recèle donc 2 fois plus d'atomes d'hydrogène que d'atomes d'oxygène; chaque atome d'oxygène s'y trouve combiné à deux atomes d'hydrogène. Dans le gaz ammoniac, 1 volume d'azote est combiné avec trois volumes d'hydrogène, donc 1 atome d'azote y est combiné avec 3 atomes d'hydrogène. Dans le formène (ou méthane) 1 volume de vapeur de carbone est combiné avec 4 volumes d'hydrogène, donc 1 atome de carbone y est combiné avec 4 atomes d'hydrogène.

4. Ces faits nous prouvent que, dans les corps que nous venons de considérer, les atomes de chlore, d'oxygène, d'azote et de carbone n'ont pas la même force attractive pour un atome d'hydrogène, puisqu'un atome de chlore se combine à un seul atome d'hydrogène, tandis que celui d'oxygène se combine à 2 atomes d'hydrogène, celui de l'azote à 3 et celui du carbone à 4. C'est ce que l'on exprime en disant que la valence du chlore, de l'oxygène, de l'azote et du carbone est différente par rapport à l'hydrogène. Elle est de 1 dans le chlore, 2 dans l'oxygène, 3 dans l'azote, 4 dans le carbone. On dit aussi que le chlore est monovalent (ou univalent), l'oxygène bivalent (ou divalent), l'azote trivalent, le carbone tétravalent.

5. Les halogènes (1) : fluor, chlore, brome et iode donnent avec l'hydrogène les combinaisons HF, H Cl, H Br, HI, dans lesquelles on constate qu'il y a union atome à atome. Ces éléments ont la même valence que l'hydrogène : on dit donc qu'ils sont univalents ou monovalents.

L'oxygène et le soufre sont bivalents puisqu'ils donnent les combinaisons H²O et H²S. L'azote, le phosphore, l'arsenic, qui se combinent à 3 atomes d'hydrogène dans



sont trivalents.

Enfin, le carbone et le silicium sont tétravalents : CH⁴, Si H⁴.

6. Pour les métaux, la valence peut se déduire de l'étude des combinaisons chlorées.

Les métaux alcalins (Na, K, etc.) qui se combinent atome à atome avec le chlore, du même valence que lui; ils sont donc univalents.

Le calcium, le magnésium, le zinc, sont bivalents.

7. Notons qu'un même élément peut présenter plusieurs valences : ils sont polyvalents. Beaucoup de métaux présentent cette particularité. Le fer, par exemple, suivant les conditions dans lesquelles il réagit, se comporte comme un élément bivalent ou trivalent. En général, les composés correspondant à ces diverses valences n'ont pas la même stabilité.

8. On considère souvent en chimie (plus particulièrement en chimie organique) des groupes d'atomes, que l'on appelle des radicaux. Ils n'ont qu'une existence hypothétique mais jouent, dans les réactions, le même rôle que les corps simples, se transportent dans les réactions d'une molécule à l'autre en

(1) Halogène (adj.) - du grec Hals, sel, et Gennaô, j'engendre - : se dit des corps de la famille du chlore (chlore, brome, iode et fluor).

conservant leur valence.

Nous citerons deux radicaux univalents :

- OH, radical hydroxyle, dérivé de H - OH. Il se retrouve dans les bases (Na-OH), dans les alcools (C⁻ H² OH).
- Le méthyle CH³, qui, uni à l'hydrogène, forme le méthane ou formène H (CH³).

CLASSIFICATION CLASSIQUE DES ELEMENTS CHIMIQUES

I - Métalloïdes

Ils n'ont pas l'éclat métallique, ne sont pas malléables, ni ductiles, ni tenaces, conduisent mal la chaleur et sont électro-négatifs.

A. Famille des halogènes

Chlore, brome, iode, fluor

B. Famille des sulfurides

Oxygène, soufre, sélénium,

C. Famille des azotides

Azote, phosphore, arsenic, antimoine.

D. Famille des borides

Bore

E. Famille des carbonides

Carbone, silicium, titane, zirconium.

II. Métaux

On appelle métaux, en général, les corps simples qui sont doués d'un éclat métallique, sont malléables, tenaces, conduisant bien la chaleur et l'électricité.

Notons que quelques-uns des autres éléments ont l'aspect métallique, sans toutefois posséder les propriétés générales des métaux: ils portent le nom de métalloïdes.

Les métaux sont électropositifs et les métalloïdes sont électronégatifs.
Explicite-ment, l'électrolyse de la composition, par le courant électrique, d'un corps dissociable, à l'état liquide ou dissous.

L'ion est un atome, ou un groupement d'atomes, portant une charge électrique. Dans l'électrolyse, les ions positifs ou cations, sont attirés à la cathode (pôle négatif) et les ions négatifs (ou anions) à l'anode (pôle positif). Ceci étant, si on soumet une solution saline ou un sel (1) fondu à

(1) Pour la définition du mot sel, voir, plus loin,

L'électrolyse, les ions métalliques sont transportés sur la cathode et s'y déposent (application en galvanoplastie), tandis que les ions métalloïdiques (ou résidus salins) se déposent sur l'anode.

Si les caractères que nous venons d'énumérer permettent de classer, sans ambiguïté, un certain nombre d'éléments (chlore, soufre, etc = métalloïdes; sodium, calcium, fer; etc. = métaux) la distinction n'est pas toujours aussi nette et de nombreuses anomalies subsistent (hydrogène, silicium, etc.)

Les chimistes ont dû rechercher une classification plus rationnelle (classification périodique des éléments) que nous étudierons plus tard.

A. Métaux alcalins

Sodium, potassium

B. Métaux alcalino-terreux

Calcium, strontium, baryum, radium

C. Groupe du magnésium

Magnésium, zinc, cadmium

D. Groupe du cuivre

Cuivre, argent, or, mercure

E. Métaux trivalents

Aluminium

F. Groupe du plomb

Etain, plomb

G. Métaux pentavalents

Bismuth, vanadium

H. Métaux hexavalents

Chrome, molybdène, tungstène, uranium

I. Métaux pentavalents

Manganèse

J. Triade du fer

Fer, nickel, cobalt

K. Groupe du platine

Ruthénium, rhodium, palladium, osmium, iridium, platine.

Si l'on ajoutait à chacun des éléments, la liste des composés (oxydes, acides, sels divers: chlorures, sulfates, nitrates, etc.) nous obtiendrions un tableau méthodique de tous les corps composés.

A noter que les très nombreux composés du carbone appartiennent à la chimie organique (par opposition à la chimie minérale).

Tableau des poids atomiques

Le poids absolu des atomes n'est connu que d'une façon approximative. Par contre, les chimistes sont parvenus à déterminer avec beaucoup de précision leur poids relatif, c'est-à-dire le poids des atomes des éléments, en choisissant pour l'un d'entre eux un poids arbitraire (on a choisi oxygène ou O = 16). Ces poids portent le nom de poids atomiques. Les proportions suivant lesquelles sont formés les composés se traduisent par des signes chimiques ou symboles. Ils proviennent des noms latins des éléments = O (oxygenium), H (hydrogenium), Au (aurum), etc. Un tel symbole ne représente pas uniquement la nature de l'élément, mais également le poids atomique de celui-ci.

Voici quelques éléments chimiques, avec, en regard, les symboles et poids atomiques correspondants (d'après l'Union internationale de Chimie 1959):

Aluminium	Al	26,97
Antimoine (ou stibium)	Sb	121,76
Argent	Ag	107,880
Argent	A	39,144
Arsenic	As	74,931
Azote ou nitrogène	Az ou N	14,008
Étain	Sn	137,36
Bismuth	Bi	209,00
Bore	B	10,82
Brome	Br	79,916
Cadmium	Cd	112,41
Calcium	Ca	40,08
Carbone	C	12,010
Chlore	Cl	35,457
Chrom	Cr	52,0
Cobalt	Co	58,94
Cuivre	Cu	63,54
Étain ou stibium	Sn	118,70
Fer	Fe	55,85
Fluor	F	19,00
Hydrogène	H	1,003
Hydrogène	H	1,0080

Iode	I	126,971
Iridium	I r	193,1
Krypton	Kr	83,80
Lithium	Li	6,940
Magnésium	Mg	24,32
Manganèse	Mn	54,93
Mercuré ou hydrargyrite	Hg	200,61
Molybdène	Mo	95,95
Néon	Ne	20,183
Nickel	Ni	58,61
Or ou aurum	Au	197,2
Oxygène	O	16
Phosphore	P	30,974
Platine	Pt	195,23
Plomb	Pb	207,21
Potassium ou kalium	K	39,100
Radium	Ra	226,05
Sélénium	Se	78,96
Sodium ou natrium	Na	22,997
Soufre	S	32,066
Strontium	Sr	87,63
Uranium	U	238,07
Zinc	Zn	65,38

Radio-activité

C'est la propriété que possèdent certaines matières d'émettre d'une façon continue, sans le concours d'aucune action excitatrice, un rayonnement susceptible d'impressionner les plaques photographiques et d'isoler les gaz.

La radio-activité a été découverte en 1906 par le savant français A. Becquerel, sur l'uranium et ses sels. Depuis, d'autres composés beaucoup plus radio-actifs ont été découverts; ce sont le polonium, le radium (P. Curie, Madame Curie, G. Bémont, 1898), l'actinium, le thonium, etc.

Le rayonnement émis par les substances radio-actives provient de la désagrégation atomique de la matière. Chaque atome étant constitué par un certain nombre d'électrons gravitant autour d'un noyau central formé de protons, et les propriétés de l'atome dépendant du nombre de ces éléments et de leur répartition, il suffit que, pour une cause quelconque, ces nombres varient, pour que l'on passe d'un élément à un autre, réalisant ainsi une transmutation.

Or, il existe un certain nombre d'éléments qui sont naturellement en voie de transformation et passent d'un poids moléculaire élevé à un poids plus faible par scission de leurs atomes. Cette scission, qui s'opère avec libération

d'électrons, constitue la radio-activité.

En 1934, Frédéric Joliot et Irène Joliot-Curie découvrirent la radio-activité artificielle. En soumettant du bore, de l'aluminium, du magnésium au bombardement de particules alpha (1), ils obtinrent l'isotope (2) 13 de l'azote, l'isotope 30 du phosphore, et, simultanément, l'isotope 27 du silicium et l'isotope 28 de l'aluminium, ces éléments qui n'existent pas dans la nature, se désintègrent spontanément; avec une période plus ou moins longue, en émettant des électrons positifs ou négatifs.

THEORIE ATOMIQUE ET CONSTITUTION DE LA MATIERE

Maintenant que nous connaissons la radio-activité, nous allons faire plus ample connaissance avec la structure de la matière en exposant les théories atomiques actuelles.

Depuis Rutherford (1911) on a adopté, pour l'atome, une représentation planétaire (3) : l'atome est formé d'un noyau central qui porte la presque totalité de sa masse, ainsi qu'une charge électrique positive entouré d'un nuage d'électrons, particules d'électricité négative, ayant au total une charge opposée à celle du noyau.

Le physicien danois Niels BOHR a perfectionné la représentation planétaire de Rutherford par application de la théorie des quanta (1913).

LE QUANTUM

D'après le physicien allemand Max PLANCK qui en est l'auteur (1900), il faut admettre, dans les corps solides, l'existence d'un très grand nombre d'oscillateurs indépendants, capables chacun d'émettre ou d'absorber un rayonnement d'une fréquence déterminée. Mais, au lieu d'émettre et d'absorber ce rayonnement d'une manière continue, PLANCK suppose qu'ils ne peuvent l'émettre ou l'absorber que par sauts brusques, par unités discrètes (4) multipliées d'une certaine quantité élémentaire ou quantum. Ce quantum représente l'atome ou grain d'énergie. Il diffère d'ailleurs des atomes de matière ou d'électricité en ce sens qu'il n'a pas une grandeur invariable : il est proportionnel à la fréquence du rayonnement.

MECANIQUE ONDULAIRE

Les fondements de la mécanique ondulatoire furent posés, en 1924, par Louis de Broglie sous la forme d'une hypothèse (vérifiée depuis par l'expérience) consistant à attribuer à l'électron une nature à la fois corpusculaire et ondulatoire (c'est-à-dire qu'il participe à la fois aux propriétés d'un corpuscule et d'une onde).

- (1) La particule alpha, ou hélium, est une particule positivement chargée (composée de deux neutrons et de deux protons) identique au noyau d'hélium.
- (2) Pour la désignation de l'isotope, voir p. 13.
- (3) En d'autres termes : divers corpuscules gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil.
- (4) Discrète : non continue, c'est-à-dire éléments séparés (par opposition à continue); la notion d'oscillation est écartée.

Cette hypothèse s'applique à toute particule en mouvement sous la forme du postulat suivant :

À tout corpuscule matériel on peut associer une onde dont la longueur d'onde est donnée par la relation :

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

h étant la constante de Planck, m la masse de la particule et v sa vitesse.

(L'onde de Broglie correspond aux mouvements quantifiés de Bohr).

En ce qui concerne l'atome, la mécanique ondulatoire renonce à attribuer, à un électron, une orbite déterminée et à décrire son mouvement par sa position et sa vitesse à chaque instant; elle permet seulement de connaître une probabilité de présence de cet électron en un point donné.

THEORIE ACTUELLE DE L'ATOME

1. Généralités

L'atome formé d'un noyau central, qui porte la presque totalité de sa masse, ainsi qu'une charge électrique positive, entouré d'un nuage d'électrons, particules d'électricité négative, ayant au total une charge opposée à celle du noyau.

2. Noyau

Il est formé exclusivement de deux sortes de particules : les neutrons et les protons. Les divers corpuscules produits par les désintégrations (électrons, positons, mésons) résultent d'actions secondaires

3. Electrons

Ils forment des nuages électroniques autour du noyau. L'électron se trouve quique part dans le nuage, plus souvent où celui-ci est dense, plus rarement là où il est léger (principe d'incertitude de Heisenberg).

4. Ions

Les atomes ionisés, ou ions, sont des atomes dont les nuages électroniques contiennent trop ou trop peu d'électrons. Ils manifestent alors, suivant le cas, une charge électrique totale négative (anions) ou positive (cations)

5. Particules élémentaires diverses

a) Proton

Particule matérielle portant une charge positive égale à la charge élémentaire de l'électron. C'est le noyau de l'atome d'hydrogène (H^+).

b) Neutron

Grain matériel ayant une masse voisine de celle du proton, mais sans charge électrique.

c) Négaton

C'est l'électron négatif (E^-)

d) Positon

C'est l'électron positif (E^+)

e) Hélion

(ou particule alpha) - C'est le noyau de l'atome d'hélium composé de 2 protons et de 2 neutrons.

f) Deuton

C'est le noyau du deutérium, ou hydrogène lourd, résultant de l'union d'un proton et d'un neutron.

g) Triton

Noyau du tritium ou hydrogène très lourd. Est composé d'un proton et de deux neutrons.

h) Méson

Particule négative qui existe dans les rayons cosmiques. (1) On l'appelle également électron lourd : il a, en effet, la charge de l'électron ordinaire mais possède une masse environ 200 fois plus grande.

CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

Si l'on écrit les corps simples dans l'ordre des masses atomiques croissantes, on observe une variation périodique des propriétés.

Les éléments d'une même famille se trouvent groupés dans la même colonne.

Ce tableau (dû aux travaux de Champcourtois, Newlands, Lothar-Meyer et Mendéléev) a permis de prévoir l'existence d'éléments inconnus, et d'en connaître à l'avance les caractères essentiels.

A l'heure actuelle (1959) le tabl. au comprend 92 éléments normaux, dont le dernier est l'uranium, auxquels il faut ajouter des éléments créés par transmutation artificielle et que l'on appelle éléments transuraniens (actuellement au nombre de 10).

Numéro atomique

On appelle numéro (ou nombre) atomique (Z), le nombre d'électrons que possède, à l'état neutre, l'atome d'un élément chimique. C'est aussi le nombre de protons du noyau, ainsi que le rang de l'élément dans la classification périodique.

(1) Les rayons cosmiques sont les rayons de grande énergie provenant des espaces célestes.

Exemples : Hydrogène	Z = 1
Hélium	Z = 2
Lithium	Z = 3
Etain	Z = 50
Uranium	Z = 92
Nobélium	Z = 102

LES ISOTOPES

On appelle isotopes, des éléments ayant le même numéro atomique mais des masses atomiques différentes, Ils possèdent donc, dans leur atome, le même nombre d'électrons planétaires, figurent dans la même case du tableau périodique (d'où leur nom, du grec isos topos, même place) et possèdent les mêmes propriétés chimiques. Ils diffèrent par la constitution de leurs noyaux atomiques qui pour un même nombre de protons, renferment des nombres différents de neutrons.

POIDS SPECIFIQUE

On sait qu'un litre d'eau pèse plus qu'un litre d'huile, qu'un cube de fonte pèse plus qu'un cube d'aluminium de mêmes dimensions. Les mêmes volumes de corps différents ont donc des poids différents.

Si l'on considère toujours le même volume, par exemple le centimètre cube, le poids correspondant du corps pourra donc servir à le caractériser, à le spécifier. Aussi appelle-t-on poids spécifique d'un corps, le poids de l'unité de volume de ce corps.

Dire que le poids spécifique du plomb est 11, cela veut dire que 1 cm³ de ce plomb pèse 11 grammes, ou que 1 dm³ de plomb a un poids de 11 kilogrammes.

POIDS SPECIFIQUE DE QUELQUES CORPS USUELS

Platine	21,5
Or	19,2
Mercure	13,6
Plomb	11,3
Argent	10,5
Cuivre	8,8
Fer	7,5
Zinc	6,9
Iode	5,0
Carbon	1,5 à 3,6
Verre	2,5
Aluminium	2,5
Pierre de taille	2,0

Magnésium	1,7
Corps humain	1,1
Sodium	0,9
Glace	0,9
Alcool	0,8
Ether	0,7

LA CALORIE

On a choisi, comme unité de quantité de chaleur, la calorie gramme (cal-g) ou petite calorie : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de un degré centigrade la température d'un gramme d'eau.

Comme unité pratique, on utilise souvent la grande calorie ou calorie-kilogramme (cal-kg) : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de un degré C la température d'un kilogramme d'eau.

Enfin, la thermie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de un degré la température d'une tonne d'eau.

CHALEUR SPECIFIQUE

L'expérience montre qu'il faut des quantités de chaleur inégales pour élever d'un même nombre de degrés la température de masses égales de différents corps.

Par définition, la chaleur spécifique est : la quantité de chaleur (en petites calories) qu'il faut communiquer à 1 gramme d'un corps donné pour faire monter sa température de 1°. Cette définition même indique que la chaleur spécifique de l'eau est 1.

Chaleur spécifique de quelques corps :

Fer	0,113
Etain	0,054
Platine	0,032
Glace	0,504
Verre	0,193

FUSION ET POINT DE FUSION

La plupart des corps solides se transforment en liquide quand on les chauffe. Ce passage d'un corps de l'état solide à l'état liquide a reçu le nom de fusion.

C'est un fait bien connu de tous. Cependant, si l'on observe le phénomène plus attentivement, on remarque que tous les corps ne se comportent pas de la même façon. Certains corps, comme la cire, le verre, se modifient à mesure que la température s'élève. Il y a en premier lieu ramollissement de la matière chauffée qui, graduellement, abandonne l'état visqueux pour devenir

liquide fluide. C'est cette fusion pâteuse qui permet, par exemple, de travailler le verre.

Mais, pour tous les corps cristallisés, le passage de l'état solide à l'état liquide se fait sans état intermédiaire. L'expérience a prouvé que cette fusion brusque dite aussi fusion cristalline obéit à des lois physiques (loi de la fusion) :

1° Sous une pression déterminée, la fusion commence à une température qui est parfaitement déterminée pour un corps donné. Cette température, appelée température ou point) de fusion, est une constante physique importante du corps envisagé :

Exemples :

Mercure	- 39°
Eau	0°
Phosphore	+ 43°
Soufre	+ 115°
Platine	+ 1.755°

2° La température reste constante pendant toute la durée de la fusion.

Si l'on maintient l'apport de chaleur, ce n'est que lorsque toute la masse est devenue liquide que la température continue à s'élever.

LOIS DE LA SOLIDIFICATION

Les lois de la solidification des corps liquides sont parallèles à celles de la fusion :

1° Pour un même corps la température (ou point) de solidification est constante et égale à la température de fusion.

2° La température reste constante pendant toute la durée de la solidification.

LOIS DE L'EBULLITION

L'ébullition est le mouvement, l'état d'un liquide qui bout. C'est, d'une manière plus précise, une vaporisation caractérisée par la production de bulles de vapeur au sein du liquide.

L'expérience a permis de dégager les lois de l'ébullition :

1° Sous une pression donnée, l'ébullition se produit quand la température atteint une valeur déterminée, toujours la même pour un liquide donné.

La température d'ébullition sous la pression atmosphérique moyenne de 76 centimètres de mercure est la température d'ébullition normale.

Voici la température d'ébullition normale de quelques liquides :

Hélium liquide	+ 267° C
Ammoniaque	- 3°,5 C
Ether sulfurique	+ 35° C
Eau	+ 100°
Mercure	+ 357°
Zinc	+ 918°

2° Pendant l'ébullition, malgré l'action continue du foyer, la température du liquide reste constante.

3° Le changement d'état produit par l'ébullition s'accompagne d'un accroissement de volume considérable.

Sous la pression normale 1 litre d'eau produit environ 1.700 litres de vapeur.

F. REACTIONS - PHÉNOMÈNES CHIMIQUES - CORPS COMPOSÉS

REACTION ET RÉACTIFS

En chimie, on appelle réaction :

1° La manifestation, provoquée par l'action d'un corps, des caractères qui distinguent un autre corps. C'est un procédé d'analyse;

2° Le phénomène qui se produit entre des corps agissant les uns sur les autres.

Ainsi, 2 grammes d'hydrogène, en s'unissant à 16 g. d'oxygène, forment 18 g. d'eau. L'équation sera : $2 H + O = H^2 O$. En effet, nous savons que par suite des conventions admises : $H = 1$, $O = 16$, $H^2 = 2 H = 2$, $H^2 O = 2 + 16 = 18$.

Quelle que compliquée que soit une réaction, nous pourrons toujours la représenter par une formule telle que celle que nous venons de développer.

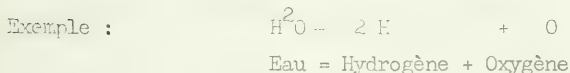
Par ailleurs, on nomme réactifs des corps simples ou composés dont les réactions avec les diverses substances chimiques ont été soigneusement étudiées et sont parfaitement connus. Dès lors, ils permettent de reconnaître la nature des corps avec lesquels on les met en contact pour caractériser les phénomènes auxquels ils donnent lieu.

CONSERVATION DE LA MATIERE

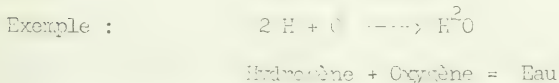
Dans toutes les réactions chimiques apparaît un principe fondamental, dit de la conservation des éléments. En effet, les corps mis en réaction et les corps obtenus contiennent les mêmes éléments et la masse de chacun d'eux reste constante. Ce principe, qui règle toute la chimie classique, n'est pas valable dans les désintégrations et transmutations qui constituent la chimie nucléaire.

LES QUATRE TYPES PRINCIPAUX DE REACTIONS CHIMIQUES

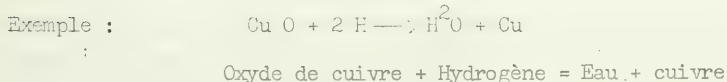
1° Les réactions de décomposition ou d'analyse, dans lesquelles un corps composé fournit d'autres combinaisons moins complexes, ou même des corps simples, conformément au schéma :



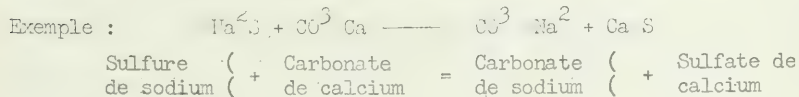
2° Les réactions de combinaison ou synthèse dans lesquelles plusieurs corps s'unissent entre eux pour en donner un seul :



3° Les réactions de substitution, dans lesquelles un élément ou un groupe d'éléments se substitue à un autre :

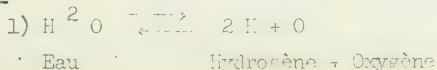


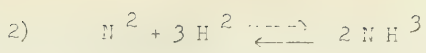
4° Les réactions d'interversion, dans lesquelles plusieurs corps composés échangent des éléments. Telle est la réaction de double décomposition représentée par le schéma :



On remarquera que la flèche \longrightarrow ou \longleftarrow indique le sens de la réaction. Lorsque la réaction est réversible on l'indique par une double flèche :

Exemples :





(fabrication de l'ammoniac par synthèse directe.)

Notons donc qu'une réaction s'arrête très souvent avant que la transformation soit totale. Cela est dû, en général, au fait que la réaction est réversible, les produits formés étant capables de réagir spontanément entre eux pour redonner le système initial. On aboutit, dans ce cas, au terme d'un temps variable, à un mélange qui, maintenu dans les mêmes conditions, n'est plus le siège d'aucune réaction et renferme, en proportions définies, les divers constituants de l'état initial et de l'état final. On dit alors que le système (ou la réaction) est en équilibre chimique.

LOIS QUI REGISSENT LES COMBINAISSONS

1. LOI DE PROUST OU LOI DES PROPORTIONS DEFINIES

Les corps simples se combinent les uns avec les autres en proportions définies.

Soit les deux corps simples A et B, pris en proportion convenable pour entrer en combinaison. Le rapport $\frac{A}{B}$ est constant.

A noter aussi qu'un mélange défini est également caractérisé par une composition définie.

Exemples :

Combinaisons : l'eau pure (H²O) renferme 16 grammes d'oxygène (O) pour 2 g. d'hydrogène (2 H) d'hydrogène.

Il est, en fait, possible de dissoudre dans cette eau un peu d'oxygène ou d'hydrogène; on obtient alors des liquides homogènes, dont les propriétés sont voisines de l'eau, mais ce n'est pas de l'eau pure.

Mélanges : l'alcool à 95° GL (Gay-Lussac) est un mélange renfermant 92 g 46 d'alcool pour 7 g. 54 d'eau. On peut bien faire des mélanges d'eau et d'alcool dans d'autres proportions, voisines par exemple de celle-là, les liquides obtenus auront des propriétés voisines de l'alcool à 95° mais ne seront pas de l'alcool à 95°.

2. LOI DE DALTON OU LOI DES PROPORTIONS MULTIPLES

Lorsque deux corps peuvent se combiner en plusieurs proportions, le poids de l'un d'eux étant constant, les quantités pondérales de l'autre sont toujours multiples dans des rapports simples et commensurables. En d'autres termes : lorsque deux corps forment entre eux plusieurs combinaisons, les poids de l'un d'eux qui s'unissent à un poids constant de l'autre, sont très souvent des multiples entiers d'un même nombre; il n'est toutefois pas nécessairement ainsi.

Soit A un corps pouvant entrer en combinaison en diverses proportions avec un corps B. Le poids du corps A étant 1, ceux du corps B seront entre eux comme 1 est à 2, 3 est à 4, etc.

Exemples :

a) On connaît deux oxydes importants du soufre SO² et SO³. A 32 g. de soufre

sont unis 2 x 16 g. d'oxygène dans le premier corps, 3 x 16 g. dans le second.

b) On connaît 2 oxydes de carbone importants CO et CO². A 12 g. de carbone sont unis 16 g. d'oxygène dans le premier, 2 x 16 g. dans le second.

c) L'azote se combinant à l'oxygène fournit un assez grand nombre d'oxydes dont voici les noms, la formule et la composition :

N ² O	Protoxyde d'azote; pour 28 d'azote il contient 1 x 16 d'oxygène	
NO	Nitrosyle	" 2
N ² O ³	Anhydride azoteux	" 3
NO ²	Azotyle	" 4
N ² O ³	Anhydride azotique	" 5
NO ³	Anhydride perazotique	" 6

d) Parmi les nombreux carbures d'hydrogène connus, considérons ceux correspondant aux formules C² H² et C³⁵ H⁷². Pour le même poids de carbone 12 grammes, le premier renferme 1 g. d'hydrogène, le second $\frac{72}{35}$ g d'hydrogène. Ces deux poids d'hydrogène ne sont plus dans un rapport simple.

3. LOI DE GAY-LUSSAC OU LOI DES VOLUMES

Les volumes des gaz ou des vapeurs qui se combinent, ainsi que le volume gazeux résultant de leur combinaison sont toujours dans des rapports simples.

Les rapports les plus ordinaires suivant lesquels les gaz se combinent sont entre eux comme 1 est à 1, 1 est à 2, 1 est à 3, 2 est à 3. Le volume du gaz résultant de leur combinaison est égal ou inférieur à la somme des volumes composants et, en général, égal à 2.

En d'autres termes, lorsque deux corps gazeux s'unissent et que le composé formé est gazeux, on observe que les volumes des trois gaz sont entre eux dans des rapports simples.

Exemple : le volume de chlore et d'hydrogène qui s'unissent pour former un gaz, l'acide chlorhydrique, et le volume de ce dernier corps, sont entre eux comme les nombres 1 et 2.

4. LOI DE RICHTER

Les quantités en poids suivant lesquelles deux corps simples se combinent avec un troisième, sont les mêmes que celles suivant lesquelles ils se combinent entre eux, ou suivant lesquelles ils se substituent l'un à l'autre.

Soit deux corps A et B pris en proportion convenable pour entrer en combinaison avec un troisième C et former avec lui les deux composés AC et BC; les poids A et B des deux premiers corps seront précisément ceux nécessaires pour se combiner intégralement l'un à l'autre et former le composé AB.

Les quantités pondérables (ou poids) des différents métaux qui peuvent se remplacer mutuellement dans les combinaisons salines (c'est-à-dire les sels) représentent ce qu'on appelle les équivalents de ces métaux. Ainsi, les équivalents de l'argent, du cuivre, du cadmium, du zinc, sont les nombres 108;31,7; 55,7; 33,5.

L'expérience prouve que dans les sulfates, il existe - comme l'avait montré Richter (1762-1807) - un rapport constant entre l'oxygène de l'oxyde et le poids de l'acide; cette loi s'étend aux autres genres de sels (nitrates, etc).

Pour mieux faire comprendre cette notion, précisons que l'on nommait équivalents les nombres qui expriment les rapports de poids suivant lesquels les corps se combinent ou se remplacent dans les combinaisons chimiques.

Ce sont les recherches de Wenzel et de Richter qui ont introduit cette notion des équivalents.

La notation en équivalents est aujourd'hui universellement abandonnée et remplacée par la notation atomique, grâce surtout aux efforts déployés par Murtz. Toutefois, jusqu'à la fin du XIXème siècle, elle était utilisée dans l'enseignement français et dans plusieurs traités et publications scientifiques.

ELEMENTS DE THERMOCHEMIE

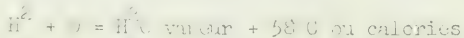
La thermochimie (du grec thermos, chaleur) est la branche de la science chimique qui s'occupe de la détermination de la quantité de chaleur mise en jeu dans les combinaisons.

Lorsque deux corps se combinent (- écrit M. Molinié -) les molécules se précipitent les unes contre les autres avec plus ou moins de violence; de ces chocs résulte une émission de calorique, représentatif de ce que l'on appelle l'affinité. Celle-ci est la résultante des forces en vertu desquelles les corps simples se combinent. La quantité de chaleur dégagée ou disparue dans la réaction mesure la somme des travaux chimiques et physiques accomplis et peut ainsi servir à la mesure de l'affinité. Ce fait physique déjà constaté par Stahl (1725) qui l'expliqua fausement (théorie du phlogistique), fut exactement mesuré par Andrey, Fabre et Silbermann. Berthelot (1866) compléta ses études à l'aide de son calorimètre et de sa balance calorimétrique, et put déduire plusieurs principes fondamentaux permettant l'établir a priori le sens des réactions.

1° Principe du travail moléculaire = le nombre de calories dégagées dans une réaction mesure la somme des travaux chimiques et physiques qui s'y accomplissent.

Les résultats sont rapportés aux poids moléculaires et exprimés en grandes calories (grande calorie = quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilog. d'eau de 0 à 1°).

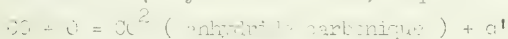
Les formules suivantes :



signifiant que les poids proportionnels aux molécules, soit 2 g. d'hydrogène

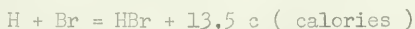
(H²) et 16 g. d'oxygène (O), dégagent en se combinant 58 grandes calories, somme comprenant la chaleur de combinaison (travail chimique) et celle correspondant au travail de condensation (travail physique), de 3 volumes de gaz (1) initiaux en 2 volumes de vapeur d'eau, tandis que si l'eau est liquéfiée, la somme 69 comprend, en plus, le calorique résultant de la liquéfaction (travail physique).

2° Principe de l'équivalence des travaux chimiques : la quantité de chaleur dégagée dans une suite de transformations égale la somme des quantités de chaleur dégagée dans chaque transformation, les corps étant ramenés à des états identiques, c'est-à-dire que l'anhydride carbonique CO², par exemple, étant produit par la combustion soit du carbone C, soit de l'oxyde de carbone CO, celui-ci produit lui-même l'oxydation incomplète du métalloïde. Les réactions calorifiques seront :



3° Principe du travail maximum : tout changement chimique, accompli sans intervention d'agents extérieurs, tend vers la production du corps qui émet le plus de chaleur.

Autrement dit, une réaction a lieu, si elle est accompagnée de chaleur. Ce principe, très important, explique la raison d'un grand nombre de réactions chimiques; les halogènes, par exemple, avec l'hydrogène, donnent divers acides:



Le chlore (Cl) doit déplacer le brome (Br), nécessairement dans l'acide bromhydrique (HBr), parce que :



acide bro- acide
mhydrique chlore chlorhydrique Brome

dégage (22 - 13,5) 8,5 calories.

Quelques réactions semblent contredire ce principe; dans ce cas l'anomalie est due à l'intervention d'agents extérieurs (chaleur, électricité) ou à des phénomènes secondaires (dissociation). Tel sera le cas de l'eau formée avec 58 calories, décomposée cependant au rouge par le chlore bien que la combinaison de la quantité correspondante de chlore donne 44 calories. Par suite de la dissociation au rouge de la vapeur d'eau, le chlore agissant sur des éléments libres, l'acide chlorhydrique, stable à cette température, peut prendre naissance.

(1) Ceci est une constatation expérimentale.

REACTIONS ENDOTHÉRIQUES ET DE RÉACTION ENFINALES

Les corps étant, en général, créés avec émission de chaleur (formation exothermique), leurs décompositions nécessitent l'absorption d'une quantité de calorifique égale à celle dégagée lors de la formation, pourvu que les états initial et final soient identiques (décomposition endothermique). Au moment de leur décomposition, divers composés, au contraire, abandonnent une certaine quantité de chaleur, étant formés avec absorption de calorifique; ces combinaisons endothermiques et décompositions exothermiques s'expliquent par le fait que ces corps résultent, non de l'action directe des éléments, mais du jeu de réactions secondaires conséquences de formation exothermique. Ces corps très instables, sont presque des explosifs tendant à tout moment à se détruire pour retourner à un état plus grand de stabilité.

En résumé : une réaction qui dégage de la chaleur est dite exothermique; une réaction qui en absorbe est dite endothermique.

Mélange refroidissant

Ce sont des mélanges de substances qui provoquent des abaissements de température prononcés. Leur emploi repose sur ce principe qu'un corps qui passe de l'état solide à l'état liquide, soit par liquéfaction, soit par dissolution, absorbe de la chaleur (réaction endothermique).

Exemple : nitrate (1 partie) ammoniacal, 1 partie; eau 1 partie, le nitrate se dissout et passe de la température + 15° à celle de - 10°.

De même, si l'on prend : sulfate de soude, 2 parties; acide chlorhydrique, 3 parties, le sulfate se dissolvant dans l'acide, abaisse la température de + 15° à - 10°.

FACTEURS FAVORISANT LES RÉACTIONS CHIMIQUES

1. Contact

L'affinité chimique s'exerce à des distances extrêmement petites. Aucune réaction ne peut donc se produire si les corps qu'on veut faire agir ne sont pas mis en contact intime.

2. Mélange

Le contact est meilleur et les réactions facilitées par le mélange des corps.

3. Pression

Une pression suffisante peut rapprocher les particules de deux corps au point de leur permettre de réagir. On a vu que les sulfures en soufre tant de sulfures de calcium, de fer, de zinc, etc., qui ne réagissent pas à l'air libre, réagissent à des pressions de quelques milliers d'atmosphères.

D'autres réactions sont favorisées, au contraire, par une diminution de pression.

4. Division

La division (broyage, pulvérisation, etc) favorise le contact des corps en présence, donc leur combinaison.

5. Dissolution

Par la dissolution des solides ou des liquides dans un même dissolvant, on divise ces corps en particules extrêmement ténues et on rend ainsi le contact plus intime tout en favorisant leur action mutuelle.

6. Electricité

L'étincelle électrique est utilisée pour réaliser des synthèses (celle de l'eau : expérience de l'eudiomètre (1)); le courant électrique, au contraire, provoque des décompositions. Le courant conduit dans une solution d'un électrolyte (2), décharge les ions sur les électrodes et les atomes ou groupes obtenus forment des corps libres.

7. Température

La chaleur favorise non seulement la synthèse, mais également la décomposition des corps.

8. Lumière

Elle peut également provoquer des réactions. Elle combine H + Cl à l'état d'HCl (acide chlorhydrique), par exemple.

9. Mouvement

On provoque des explosions en pulvérisant ensemble un peu de soufre (S) et de chlorate de potassium (Cl O₃K), à titre exemplatif.

10. Affaiblissement de la cohésion

On diminue la cohésion entre les molécules par division mécanique, par dissolution, par élévation de température, par fusion, par évaporation.

11. Etat naissant

Lorsqu'un atome d'hydrogène, par exemple, est expulsé d'une combinaison, il est doué de toute son affinité pendant un temps très court. On dit qu'il est

(1) L'eudiomètre est un tube gradué muni de deux électrodes entre lesquelles jaillit une étincelle électrique. Il sert à l'étude des corps gazeux, à leur analyse volumétrique ou à leur synthèse. L'expérience classique est celle de la synthèse de l'eau obtenue en faisant éclater l'étincelle électrique dans un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène.

(2) Electrolyte (n.m.s.), solution aqueuse d'acide, de base ou de sel qui subit spontanément un commencement de dissociation en ions et devient ainsi conducteur d'électricité.

3) Ion : voir page 24.

à l'état naissant. Sous cette forme, il pourra agir plus vivement sur des molécules voisines ou des atomes libérés au même instant.

12. Catalyse

On donne le nom de catalyse (du grec katalusis, dissolution) à un ordre de phénomènes qui consiste en la combinaison ou la séparation l'une ou plusieurs substances sous l'influence d'un corps particulier ne prenant aucune part à la réaction. Ainsi, lorsqu'on fait arriver de l'oxygène et de l'hydrogène sur de la mousse de platine, les deux gaz se combinent pour former de l'eau sans que la mousse de platine subisse la moindre altération.

Modification allotropique

Plusieurs éléments se présentent à nous sous différentes formes : l'oxygène ordinaire et l'ozone sont deux modifications allotropiques de l'oxygène; nous connaissons le soufre octaédrique, le soufre prismatique, ...; le phosphore ordinaire et le phosphore rouge; le diamant, le graphite, ...

L'effluve électrique transforme l'oxygène en ozone : $3 O^2 \longrightarrow 2 O_3$; la pluie décompose l'ozone en oxygène : $2 O_3 \longrightarrow 3 O^2$. En dessous du point de transformation ($94^{\circ}5$), c'est le soufre octaédrique qui est stable; au-dessus de cette température, c'est le soufre prismatique.

Sels

On appelle sel le composé qui résulte de la substitution d'un métal à l'hydrogène dans un acide.

Lorsque le sel contient encore de l'hydrogène remplaçable par un métal, il est dit sel acide (1), dans le cas contraire, il est dit sel neutre.

Ainsi, et par exemple, l'acide sulfurique SO_4H^2 donne deux sels (SO_4HNa et SO_4Na^2) avec un même métal, le sodium; le premier est le sulfate acide, le second le sulfate neutre de sodium.

Règle relative à la formule d'un sel

On passe de la formule d'un acide à la formule d'un de ses sels en substituant un certain nombre de fois le symbole d'un métal à un certain nombre de lettres H.

On devra remarquer à retenir :

Les symboles Na, K, Ag, c'est-à-dire ceux du sodium, du potassium et de l'argent doivent être écrits à la place d'un seul H.

Exemple : l'acide chlorhydrique (H Cl) donne les sels chlorure de sodium (Na Cl) ou chlorure d'argent (Ag Cl);

l'acide sulfurique (SO_4H^2) donne les sels sulfate acide de sodium (SO_4HNa) et sulfate neutre de sodium (SO_4Na^2).

Les symboles Ca (calcium), Cu (cuivre), Zn (zinc) remplacent deux H.

(1) Sur les acides : voir page 31.

Ex; l'acide sulfurique SO_4H_2 donne les sels SO_4Ca (sulfate de calcium) et SO_4Zn (sulfate de zinc).

Si l'on veut écrire la formule du sel de calcium d'un acide qui, à l'instar de l'acide chlorhydrique, ne renferme dans sa formule qu'une seule lettre H, on double les exposants dans la formule de l'acide, on ôte H^2 et on remplace par Ca.

Ex.: l'acide chlorhydrique HCl donne les sels $CaCl_2$ (chlorure de calcium) ou $CuCl_2$ (chlorure de cuivre).

Le cas du fer est plus complexe. Il existe deux espèces de sels de fer; dans les uns, dit sels ferreux, Fe tient la place de 2 H.

Ex. : l'acide SO_4H_2 donne le sulfate ferreux SO_4Fe . Dans les autres dits ferriques, Fe remplace 3 H.

Ex.: l'acide H Cl donne le chlorure ferrique Fe Cl 3;

l'acide SO_4H_2 donne le sulfate (SO_4) $^3 Fe 2$.

En résumé, dans le passage de la formule d'un acide à celle d'un sel :

K, Na, Ag remplacent	<u>un</u> H
Ca, Zn, Cu, Fe (sels ferreux) remplacent	<u>deux</u> H
Fe (sels ferriques)	" <u>trois</u> H

Les métaux de la première catégorie sont dits univalents, ceux de la seconde bivalents, ceux de la troisième trivalents, etc.

L'argent est donc un métal univalent (ou monovalent) et le calcium un métal bivalent (ou divalent).

Les isomères

On dit que deux ou plusieurs corps sont isomères (du grec iso, qui exprime l'idée d'égalité et méros, partie) lorsque, constitués des mêmes éléments, et possédant, par conséquent, la même formule brute, ils diffèrent par certaines de leurs propriétés. On connaît, par exemple, plusieurs composés $C^4H^{10}O$, notamment l'éther ordinaire et l'alcool butylique; ce sont des isomères.

La notion d'isomérisation est d'origine expérimentale.

Le préfixe iso désigne un isomère du corps dont le nom suit, tel : isobutane, isomère du butane.

Polymérie

On rencontre souvent, en chimie organique, des corps différents ayant des masses moléculaires qui sont des multiples entiers les uns des autres. Par exemple, la formule $(CH_2O)^n$ s'applique à un grand nombre de composés pouvant avoir des propriétés fort différentes : pour $n = 1$, nous avons l'aldéhyde formique; avec $n = 2$, la formule devient $C^2H^4O^2$ et représente l'aldéhyde

glycolique et l'acide acétique; pour $n = 6$, nous obtenons $C_6H_{12}O_6$, formules du glucose et des sucres isomères.

L'existence de tels composés, ayant la même composition centésimale, mais différant par la grandeur de leur masse moléculaire, conduit à la notion de polymérie.

On dit qu'un corps se polymérise lorsque sa molécule se condense sur elle-même sans perte d'éléments.

Ainsi l'acétylène C_2H_2 se polymérise sous l'action de la chaleur en donne le benzène C_6H_6 .

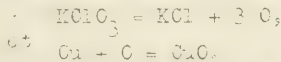
Calculs stœchiométriques

La stœchiométrie (du grec stoikheia, éléments constitutifs, et metrein, mesurer) est l'art de mesurer en chimie.

Quand on connaît la formule d'une combinaison et le poids atomique de chacun de ses éléments constitutifs, il est aisé de calculer le poids des corps entrant en réaction en cas de phénomènes chimiques.

Applications

I.- Combien faut-il de grammes de chlorate de potasse ($KClO_3$) pour produire quantité d'oxygène capable d'oxyder 500 g de cuivre? Les réactions suivantes ont lieu ici :



On voit donc que l'oxygène provenant d'une molécule de chlorate de potasse peut oxyder 3 atomes de cuivre; on devra donc consommer 1 molécule de $KClO_3$ pour 3 atomes de Cu. Le poids moléculaire de $KClO_3$ étant

$$39,10 + 35,46 + 3 \times 16 = 122,56$$

et le poids atomique de Cu étant 63,57 on devra employer $\frac{122,56}{3} = 40,85$ g de $KClO_3$ pour 63,57 g de Cu et, pour 500 g de Cu, on devra consommer

$$\frac{500 \times 40,85}{63,57} = 321,5 \text{ g de } KClO_3$$

II.- Combien peut-il se former (à la façon de l'hydrogène se dégageant de l'acide sulfurique sur 1 kg de zinc ?

Solution : La réaction entre l'acide sulfurique et le zinc est exprimé

l'équation :



zinc + acide sulfurique = sulfate de zinc plus eau

La formation de l'eau par la combustion de l'hydrogène est représentée par l'équation :



Hydrogène + oxygène = eau.

Il résulte de ces équations que l'hydrogène obtenu au moyen d'un atome de zinc fournit une molécule d'eau. Pour chaque atome de zinc, on obtient donc une molécule d'eau. Le poids atomique du zinc est 65,37 et le poids moléculaire de l'eau est 18,016 (H = 1,008; 2 H = 2,016; O = 16). Donc 65,37 parties en poids de zinc correspondent à 18,016 parties en poids d'eau. Par suite, 1 kg de zinc correspond à $\frac{1000 \times 18,016}{65,37} = 275,6$ g. d'eau.

C. ETUDE DE QUELQUES REACTIONS

1. OXYDATION

De l'oxydation

On donne le nom d'oxydation au phénomène de combinaison d'un corps simple ou composé avec l'oxygène - soit que la combinaison ait lieu à partir de l'oxygène libre, soit que l'oxygène soit emprunté à un composé qui en contient. On réserve plus particulièrement le nom de combustion à l'oxydation accomplie, à partir de l'oxygène non combiné de l'air, par exemple.

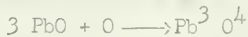
Il est à remarquer que l'oxydation d'un corps peut non seulement produire une fixation d'oxygène, mais aussi une scission de la molécule en plusieurs parties, dont une au moins (sinon toutes) s'unit à l'oxygène. Ce dernier est simplement fixé, d'abord toutes les fois que le corps sur lequel il agit est un corps simple; à l'air dans l'oxydation des métaux, etc. En outre, certains composés peuvent aussi se comporter de la même manière dans des conditions expérimentales convenables. Ainsi, l'anhydride sulfureux SO_2 peut s'unir à l'oxygène pour donner de l'anhydride sulfurique SO_3 ; le sulfure de baryum BaS devient, par oxydation, du sulfate de baryum SO_4Ba .

D'une façon générale, le corps résultant de l'union de l'oxygène, soit avec un corps simple, soit avec un radical composé, est appelé oxyde (du grec oxus, aigre, acide).

L'existence des oxydes métalliques et leur formation aux dépens des métaux était connue depuis l'antiquité. On les appelait tantôt des rouilles des métaux, tantôt les métaux brûlés. Le métal libre était appelé, par les alchimistes, " métal vivant, revivifié " par opposition à l'oxyde métallique qu'on appelait " métal mis à mort, mortifié. "

Pour terminer, quelques exemples d'oxydation :

1. On prépare SO^2 , P^2 , O^5 , CO^2 ... en combinant directement leurs éléments (combustion du S, du P, du C..) parce que le S, le P, le C sont faciles à se procurer.
2. Des anhydrides renfermant peu d'O, peuvent parfois être combinés à de l'O pour former des anhydrides renfermant beaucoup d'O. Ainsi on prépare SO^3 , en laissant passer $SO^2 + O$ (ou de l'air) sur de l'asbeste platiné (2) et chauffé.
3. La chaleur peut combiner des oxydes à O et produire des oxydes contenant plus d'O :



4. Le bioxyde de sodium ou oxylythe, Na^2O^2 est obtenu en chauffant du sodium dans un courant d'oxygène ou d'air sec.
5. Pour obtenir le sulfure de sodium (Na^2S), on réduit le sulfate de sodium ($SO^4 Na^2$) par le carbone (C)

L'oxydation dans l'industrie

Dans l'industrie métallurgique, l'oxydation prend les noms de grillage, rôtissage, oxydation oxydante ou affinage, suivant les conditions dans lesquelles elle s'opère.

Le grillage est l'oxydation d'une matière minérale solide par l'action directe ou indirecte de l'air atmosphérique. Exemple : le grillage des pyrites.

Le rôtissage est appliqué - dans les usines de cuivre - aux mattes très riches qui sont exposées à l'état solide à l'influence prolongée de l'air sur la sole d'un four.

Quant à l'affinage, c'est l'oxydation des matières métalliques, quand la fusion précède l'action de l'oxygène.

Les oxydants

Ce sont les corps qui ont la propriété d'oxyder.

(2) Platiner, c'est recouvrir d'une mince couche de platine.

Le plus fréquemment, on utilise :

1. L'oxygène et l'ozone
2. Le composé oxygéné cédant facilement de l'oxygène : eau oxygénée, bioxyde de manganèse, bichromate de potassium, etc.
3. Un ensemble de corps tel que l'un peut décomposer l'autre avec mise en liberté d'oxygène; exemple: chlore et eau.

Nomenclature des oxydes

1° Si l'oxyde n'est pas anhydride, on emploie les mots " oxyde de ", suivis du nom du corps simple combiné à l'oxygène; ex.: oxyde de carbone, de cuivre, etc.

Si un même corps simple possède deux oxydes non anhydrides, on les distingue en donnant la terminaison ique au plus oxygéné et la terminaison eux à l'autre. Ex.: oxyde ferrique $Fe^2 O_3$ et oxyde ferreux $Fe O$.

2. Si l'oxyde est anhydride, on l'appelle " anhydride ", puis le nom du corps simple, auquel on donne la terminaison ique. Ex.: anhydride carbonique CO_2 .

3° S'il existe deux anhydrides du même corps simple, on les distingue comme dans le cas précédent. Ex.: l'anhydride azotique ou nitrique $N^2 O_5$ et l'anhydride azoteux ou nitreux $N^2 O_3$.

Formules de quelques oxydes

Groupe de métaux alcalins

Oxyde de sodium : $Na^2 O$

Bioxyde de sodium ou oxyllithe : $Na^2 O^2$

Oxyde de potassium : $K^2 O$

Groupe des métaux alcalino-terreux

Oxyde de calcium ou chaux vive : CaO

Oxyde de baryum ou baryte : BaO

Bioxyde de baryum : BaO^2

Groupe du magnésium

Oxyde de magnésium : $Mg O$

Oxyde de zinc ou blanc de zinc : ZnO

Groupe du cuivre

Oxyde cuivreux : $Cu^2 O$

Oxyde cuivrique : CuO

Oxyde d'argent : $Ag^2 O$

Oxyde aureux ou protoxyde d'or : $Au^2 O$:

Oxyde aurique ou sesquioxyde d'or : $Au^2 O^3$

Oxyde mercurieux : $Hg^2 O$

Oxyde mercurique : HgO

Oxyde d'aluminium : $\text{Al}^2 \text{O}^3$

Oxyde stanneux : SnO

Oxyde ou anhydride stannique : SnO_2

Sous-oxyde de plomb : $\text{Pb}^2 \text{O}$

Oxyde de plomb : PbO

Minium ou plomb oxydé rouge, oxyde salin de plomb, dioxyde de plomb : $\text{Pb}^2 \text{O}^3$

Bioxyde de plomb, peroxyde de plomb ou oxyde peuce : PbO^2

Groupe des métaux pentavalents

Oxyde d'antimoine : $\text{Sb}^2 \text{O}^3$

Oxyde ou trioxyde de bismuth : BiO^3

Ac. oxyde : $\text{Bi}^2 \text{O}^4$

Pentoxyde : $\text{Bi}^2 \text{O}^5$

Groupe des métaux hexavalents

Oxyde chromeux : CrO

Oxyde chromique : $\text{Cr}^2 \text{O}^3$

Oxyde salin de chrome : $\text{Cr}^3 \text{O}^4$

Groupe des métaux heptavalents

Oxyde manganoux : MnO

Oxyde manganique, ou oxyde salin ou oxyde manganomanganique : $\text{Mn}^3 \text{O}^4$

Bioxyde ou peroxyde de manganèse : MnO^2

Groupe du fer

Oxyde ferreux : FeO

Oxyde ferrique : $\text{Fe}^2 \text{O}^3$

Oxyde ferro-ferrique, oxyde intermédiaire de fer, magnétite ou fer oxydulé : $\text{Fe}^2 \text{O}^4$

Oxyde de nickel noir : NiO

Formules de quelques hydroxydes

Groupe des métaux alcalins

Hydroxyde de sodium ou soude caustique : NaOH

Hydroxyde de potassium : KOH

Groupe des métaux alcalino-terreux

Hydroxyde de calcium ou chaux éteinte : Ca(OH)^2

Hydroxyde de baryum ou baryte éteinte : Ba(OH)^2

Groupe du magnésium

Hydroxyde de magnésium : Mg(OH)^2

Hydroxyde de zinc = $Zn(OH)$

Groupe du cuivre

Hydroxyde cuivrique : $Cu(OH)_2$

Hydroxyde d'argent : $AgOH$

Hydroxyde d'aluminium : $Al(OH)_3$

Hydroxyde stanneux : $Sn(OH)_2$

Hydroxyde stannique normal ou acide stannique normal ou acide orthostannique :

Hydroxyde métastannique ou acide métastannique : $SnO(OH)_2$

Hydroxyde de plomb : $Pb(OH)_2$

Groupe des métaux pentavalents

Hydroxyde d'antimoine : $Sb(OH)_3$

Groupe des métaux hexavalents

Hydroxyde chromeux : $Cr(OH)_2$

Hydroxyde chromique : $Cr(OH)_2 \cdot 2H_2O$

Groupe des métaux heptavalents

Hydroxyde manganoux : $Mn(OH)_2$

Groupe du fer

Hydroxyde ferreux : $Fe(OH)_2$

Hydroxyde ferrique : $Fe(OH)_3$

Hydroxyde de nickel ou hydroxyde ferreux : $Ni(OH)_2$

2. ACTION DES ACIDES

Généralités

Initialement le nom d'acides avait été donné aux corps qui possèdent la saveur aigre du vinaigre de vin. On pensait que cette propriété était due à des cristaux en forme d'aiguilles s'implantant dans les papilles de la langue. Telle était l'opinion de Lecuwenhoek, savant micrographe hollandais du XVIIIe siècle.

A la fin du XVIIIe siècle, Lavoisier émit l'opinion que tous les acides étaient oxygénés, l'oxygène étant le principe acidifiant par excellence, le générateur des acides (c'est la signification étymologique du mot oxygène : du grec oxus, acide, et gennân, engendrer). Dans cet ordre d'idées, un acide était un corps oxygéné roussissant le papier de tournesol et capable de saturer les oxydes pour former des sels.

La théorie dualistique de Lavoisier, développée et soutenue par Berzélius, ne tenait aucun compte des éléments de l'eau contenus dans les acides. En outre, elle ne s'appliquait pas aux hydracides, corps binaires qui ne renfer-

ment pas d'oxygène . Pour établir un lien entre des corps aussi dissemblables, Lavoisier (1773-1829) proposa de considérer comme acides les corps contenant de l'hydrogène capable d'être remplacé par un métal. Allant encore plus loin Dulong (1785-1838) admit que les acides dérivent de l'union de l'hydrogène avec un radical composé électro-négatif.

En résumé, la définition la plus générale est la suivante : les acides sont des corps qui jouissent de la propriété de s'unir aux bases pour former des sels.

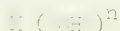
Qu'est-ce qu'une base ?

Ceci nous amène tout naturellement à préciser le concept base : on nomme ainsi en chimie les composés qui possèdent la propriété de se combiner aux acides pour les saturer, c'est-à-dire les neutraliser.

Comme on le voit, les mots base et acide se définissent l'un par l'autre. Ils expriment des idées opposées. Le mieux, sans doute, est de préciser les propriétés caractéristiques qui constituent ce que l'on appelle la fonction base : saveur particulière (de lessive) ; action sur les réactifs colorés (une base colore en rouge la phtaléine, en jaune l'hélianthine, en bleu le tournesol) ; action sur un acide pour donner un sel (avec élimination d'eau et dégagement de chaleur). Les bases en solution sont des électrolytes dont l'ionisation fournit des ions OH . Si l'ionisation en solution est pratiquement totale, on les nomme bases fortes (soude, potasse, baryte) et si l'ionisation n'est que partielle bases faibles (ex. : l'ammoniaque).

Lorsque le métal des bases est alcalin ou alcalino-terreux, les bases sont dites alcalines. Ce sont : la chaux, la strontiane, la baryte, la lithine, la soude et la potasse.

Comme nous venons de le voir, les bases ramènent au bleu la teinture de tournesol rouge par les acides. La formule générale des bases est :



M représentant un atome d'un métal, n sa valence.

On peut aussi y faire considérer comme saturé par n oxyhydriles OH, résidus de n molécules H₂O, H₂O_n nom : hydrates métalliques (ou hydroxydes métalliques) que l'on donne souvent à ces composés.

La formule générale d'un hydroxyde métallique étant donc M (OH)ⁿ, de tels corps existent pour chaque métal (et non pas seulement pour les métaux alcalins)

Exemple : à Fe correspondent les oxydes basiques FeO (ferreux) et Fe²O₃ (ferrique) et, par suite Fe (OH)² et Fe (OH)³ qu'on nomme respectivement hydroxyde ferreux et hydroxyde ferrique.

Nomenclature des bases

On désigne les bases à l'aide des mots hydrate de, suivis du nom du métal qu'elles renferment. Toutefois, les bases usuelles ont des noms particuliers employés très couramment.

Dénomination de quelques bases usuelles

KOH	Hydrate de potassium ou Potasse
Na (OH)	" " sodium ou soude
Ca (OH) ²	" " calcium ou chaux éteinte
Ba (OH) ²	" " baryum ou baryte

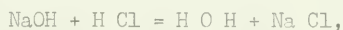
(Certains auteurs préfèrent employer le mot hydroxyde).

Les bases sont des corps généralement insolubles dans l'eau. Cependant les bases les plus usuelles sont solubles : la potasse et la soude (très soluble), la baryte (moyennement), la chaux (un peu).

Réaction la plus caractéristique des acides

Revenons aux acides et examinons quelle est leur réaction la plus caractéristique. Rappelons que les corps appelés acides sont des composés hydrogénés.

Si nous mettons de l'acide chlorhydrique (HCl), par exemple, en contact avec de la soude (NaOH), ces deux corps vont réagir conformément à la formule :



c'est-à-dire qu'il va se former deux corps :

1° de l'eau (H O H ou H₂O);

2° un corps dérivant de l'acide par substitution de sodium à l'hydrogène de celui-ci. (Ce corps est le chlorure de sodium ou NaCl).

Nomenclature des acides et des sels

Non oxygénés	(	Acides : acide - hydrique
		Sels - - - ure de métal
Oxygénés	(	( Les plus oxygénés (Acides : acide - ique
		(Sels : - ate de métal
		(Sels : - ite - eur
		(Les moins oxygénés (Sels : - ite de métal

Exemples :

Acides

H Cl	Acide chlorhydrique
Cl OH	" hypochloreux
Cl C ³ H	" chlorieux

$\text{Cl O}^4 \text{H}$ Acide perchlorique

Sels

Na Cl Chlorure de sodium
 Cl O Na Hypochlorite de sodium
 $\text{Cl O}^3 \text{Na}$ Chlorate de sodium
 $\text{Cl O}^4 \text{Na}$ Perchlorate de sodium

Monacide - Polyacide - Neutre

Un acide est dit monacide quand son hydrogène, remplaçable par un métal, ne peut se remplacer partiellement. C'est le cas de l'acide nitrique (ou azotique) $\text{NO}^3 \text{H}$ ou chlorhydrique (ou muriatique) H Cl . Si cet hydrogène peut se remplacer par moitié, l'acide est biacide; ainsi, l'acide sulfurique $\text{SO}^4 \text{H}^2$ est biacide; il fournit en effet deux sels de sodium $\text{SO}^4 \text{H Na}$ et $\text{SO}^4 \text{Na}^2$. L'acide phosphorique $\text{PO}^4 \text{H}^3$, dont l'hydrogène est remplaçable par tiers, par un métal, est triacide. Un acide peut d'ailleurs renfermer à la fois de l'hydrogène remplaçable et de l'hydrogène non remplaçable par un métal. Il en est ainsi, par exemple, de l'acide acétique $\text{CH}^3 \text{CO}^2 \text{H}$, qui n'est qu'une fois acide.

Un acide polyacide peut donner plusieurs sels avec un même métal : le sel obtenu en remplaçant tout l'hydrogène remplaçable par un métal est dit normal; ainsi $\text{SO}^4 \text{Na}^2$ est le sulfate normal de sodium; $\text{SO}^4 \text{Na H}$ est un sulfate acide. Il renferme en effet de l'hydrogène remplaçable par un métal.

Anhydrides d'acides

Certains oxydes s'unissant à l'eau donnent des acides; en réagissant sur les bases, ils donnent des sels de ces acides. On les appelle comme les acides en ajoutant anhydre ou en remplaçant acide par anhydride.

Exemple : L'anhydride sulfurique SO^3 se combine vivement à l'eau en donnant l'acide sulfurique $\text{SO}^4 \text{H}^2$.

Anhydrides basiques

Ce sont des bases anhydres. On appelle ainsi les oxydes métalliques qui, mis en présence d'un acide, réagissent en donnant un sel et de l'eau, sans rien produire d'autre. On leur applique la nomenclature générale des oxydes.

On fait aussi usage des terminaisons - eux et - ique. On les appelle:

FeO protoxyde de fer ou oxyde ferreux
 $\text{Fe}^2 \text{O}^3$ sesquioxyde de fer ou oxyde ferrique.

Un certain nombre d'oxydes basiques mais pas tous, mis au contact de l'eau, se combinent à ce corps en donnant de véritables bases.

Tel est l'oxyde de calcium CaO , qui, au contact de l'eau, se transforme en $\text{CaO}^2 \text{H}^2$, hydrate de calcium.

D- CLASSIFICATION DES PRODUITS SELON LEUR ORIGINE ANIMALE, VÉGÉTALE
ou MINÉRALE

Produits d'origine animale

1. Produits alimentaires : viande de boucherie; volaille; gibier; oeufs; beurre; fromage; miel; poisson; coquillages; crustacés, etc.
2. Produits textiles et de broserie : laine; poils de lapin; crin; soie; soies de porc;
3. Cuirs et peaux.
4. Os ; noir animal; gélatine; farine d'os; etc.
5. Drogues et parfums : ambre; musc; castoréum; cantharide; glandes (préparations opothérapiques); etc.
6. Fanons (de la baleine);
7. Sperma ceti (du cachalot);
8. Coquilles:engrais; nacre; perlé fine);
9. Matières colorantes : cochenille;
10. Laque;
11. Cire (d'abeilles)
12. Venins(utilisés en médecine): abeille; serpent;
13. Sang : sérumthérapie (cheval);
14. Glandes (opothérapie)
15. Sangsues (utilisées en médecine);
16. Sépia (poche de noir de la seiche);
17. Plumes et duvets : (édredon); coq; autruche; autrefois : plume d'oie.

Produits d'origine végétale

1. Produits alimentaires stimulants et condiments : légumes, fruits; graines; tubercules; racines; huiles; sucre; amidon et fécule; feuilles (thé, maté);
2. Matières textiles : coton; jute; lin; chanvre; sisal; raphia; etc.
3. Combustibles : bois; rafles.
4. Matières colorantes : campêche; orseille; indigo; garance; etc.
5. Matières tannantes : tan; quebracho; mimosa; sumac; etc.

6. Drogues, essences, huiles et parfums : opium; bourgeons de peuplier; essence de géranium; bois de quassia; fleur d'oranger.
7. Poisons : curare (comme anesthésique chirurgical).

Produits d'origine minérale

1. Minerais : oligiste, hématite, pyrite, etc.
2. Métaux : platine; or ; etc.
3. Combustibles : houille; pétrole; lignite; etc.
4. Matériaux de construction : marbre, pierre bleue; granit; porphyre; pierre à plâtre, etc.
5. Engrais : phosphate, marne, etc.
6. Terres plastiques et terres à feu : argile; kaolin; silice (verre); etc.
7. Produits volcaniques : pierre ponce; pouzzolane.
8. Pigments minéraux naturels : blanc de baryte (ou spalt); blanc de Meudon; blanc; etc.

II - COMBUSTIBLES - CARBURANTS - LUBRIFIANTS

A. GENERALITES SUR LES COMBUSTIBLES

Considérations générales

Toute substance qui, par sa combinaison avec l'oxygène, dégage de la chaleur, est un combustible. Ainsi, les métalloïdes (soufre, phosphore, arsenic), les métaux (sodium, potassium, magnésium, fer, manganèse, etc) dans certaines conditions physiques de division moléculaire ou lors de certaines opérations chimiques ou métallurgiques, peuvent être considérés comme des combustibles.

Mais, industriellement parlant, la dénomination de combustible n'est appliquée qu'aux matières hydrocarbonées, soit fossiles, soit de formation actuelle (végétaux modernes : bois, tourbes; végétaux anciens ou fossiles, plus ou moins enfouis dans la terre : bois fossile, lignite, houille, anthracite, bitume solide ou liquide, gaz naturel, etc.).

Toutes ces matières combustibles peuvent être employées à l'état naturel ou après avoir subi quelques préparations : de là, une nouvelle distinction entre combustibles naturels et combustibles artificiels

Classification des combustibles

A. Combustibles solides

a) Bois

Le bois est le combustible le plus anciennement connu.

b) Combustibles minéraux

Ils comprennent toute une série de substances naturelles à base de carbone (outre la houille, l'anthracite, le lignite, la tourbe, sont également compris sous cette appellation le jais, la dophénite, la dysodite ainsi que les huiles minérales et bitumes (naphte ou pétrole, élatérite, malthe, asphalte); les cires fossiles (ambre, ambrite, hartine, copaline, etc.).

Les combustibles minéraux (houille, anthracite, lignite) proviennent de la transformation lente des végétaux anciens. La houille l'est par distillation, le coke, employé en métallurgie et pour le chauffage domestique. Les brquettes et coillots sont constitués par du poussier de houille aggloméré.

C. Combustibles liquides

Les plus importants sont le pétrole, l'essence et l'alcool.

D. Combustibles gazeux

Ils comprennent le gaz (artificiel) provenant de la distillation de la houille (gaz d'éclairage), le gaz de haut-fourneau et les gaz naturels.

Caractéristiques principales des combustibles

Trois caractéristiques principales distinguent les combustibles : 1° la combustibilité, 2° l'inflammabilité; 3° l'effet calorifique.

La combustibilité est caractérisée par le degré de facilité avec lequel les corps combustibles peuvent être allumés et, une fois en ignition, contiennent à brûler. L'état physique influe beaucoup sur la combustibilité : un corps peu dense, poreux, est plus combustible qu'un autre de plus grande densité et à texture plus serrée, ainsi que le démontre le tableau suivant :

<u>Ordre de combustibilité</u>	<u>Ordre de densité</u>
Braise de boulanger	Diamant
Charbon de bois compact	Plombagine
Houille	Anthracite
Coke	Coke
Anthracite	Houille
Plombagine	Charbon de bois compact
Diamant	Braise de boulanger

Pouvoir calorifique

On désigne, sous le nom de pouvoir calorifique d'un combustible, la somme de chaleur développée par l'unité de poids de ce corps lors de sa combustion. C'est là l'élément principal de sa valeur industrielle. On l'évalue le plus généralement en calories.

La calorie (grande calorie) représente la chaleur qu'absorbe l'unité de poids d'eau liquide lorsque sa température passe de 0 à 1° centigrade. Si donc nous disons que tel combustible a un pouvoir calorifique de 8.000 calories, nous entendons par là que le kilogramme de ce combustible pourrait élever de 1° centigrade la température de 8.000 kg. d'eau, en admettant bien entendu que la combustion ait été totale et que la chaleur développée ait servi exclusivement au chauffage de l'eau.

Le kilogramme d'hydrogène dégage en brûlant, 34.462 calories.

Les nitroles et le gaz d'éclairage, suivant leur composition, dégagent de 10.300 à 11.700 calories.

Les houilles produisent par leur combustion complète, de 8.000 à 9.500 calories, suivant leur nature.

Certains lignites produisent à peine 6.000 calories, et les bois ne développent qu'un nombre de calories variant de 3.800 à 4.300, suivant leur texture et les conditions dans lesquelles ils se sont développés.

Tous ces chiffres se rapportent à des combustibles secs et purs; mais, pratiquement, les combustibles contiennent tous plus ou moins de matières incombustibles ainsi que de l'humidité. Ces différents éléments diminuent les résultats qu'on peut en obtenir industriellement.

B. COMBUSTIBLES SOLIDES

Bois de chauffage

Généralités

Suivant leur utilisation, les bois sont dits de chauffage ou d'oeuvre.

Le bois était le combustible de l'ancienne métallurgie; il constitue encore le principal mode de chauffage, à la campagne, dans les régions forestières.

Le bois est un bon combustible. Il s'allume facilement, laisse peu de cendres basiques. Mais, l'un des inconvénients de son emploi réside dans son transport : à pouvoir calorifique égal, il pèse deux fois plus, et occupe cinq fois plus de volume que la houille. Aussi, préfère-t-on souvent l'utiliser sous forme de charbon de bois. C'est ainsi qu'on peut alimenter le moteur d'un camion avec le gaz d'un gazogène portatif chargé au bois très sec, ou mieux, au charbon de bois.

Essences utilisées

Les bois convenant le mieux au chauffage sont : le charme, le hêtre, le châtaignier, le chêne, l'érable, le frêne, l'orme, le bouleau, l'aune. Les essences à bois demi-dur (bouleau, aune) sont recherchées pour le chauffage des fours (bois de boulange).

Commerce

Dans le commerce, on vend des fagots, des bourrées, des marginets, constitués par les extrémités des rameaux. Ils servent surtout à l'allumage des feux. Le bois de corde comprend : le rondin, formé par les jeunes tiges et les branches, le quartier, provenant des tiges et des grosses branches débitées en morceaux faciles à employer.

Les bois de chauffage se mesurent par stère, c'est-à-dire par mètre cube. Le bois qu'on vend à la mesure s'appelle bois de stère.

Sciure de bois

Le débitage des bois fournit des quantités considérables de sciure. Généralement, cette sciure et les déchets de bois sont utilisés sur place pour chauffer les chaudières qui donnent la force motrice à l'usine, ou, plus modestement, pour alimenter les foyers qui assurent le chauffage des ateliers et des habitations.

Tannée

C'est l'écorce de chêne qui a servi au tannage des cuirs. Comprimée en mottes, séchée, elle servait parfois pour le chauffage domestique ou le chauffage industriel. Le tannage au tan ayant pratiquement disparu, la tannée appartient au passé.

CHARBONS NATURELS (charbons naturels)

Les charbons fossiles

Les charbons fossiles, depuis la tourbe jusqu'à la houille et l'antracite, résultent d'une transformation chimique plus ou moins complète de végétaux appartenant en totalité au groupe des cryptogames. Ces végétaux, avant de produire la houille, auraient probablement été changés en tourbe. La disparition des tissus organisés serait due à une sorte de fermentation.

L'appellation " charbon " ou de manière plus précise, " charbon fossile " s'applique à diverses roches d'origine végétale, composées principalement de carbone et généralement utilisées comme combustibles.

La série des " charbons " comprend la tourbe, le lignite et la houille. Ces derniers se rapportent aux différentes phases d'une évolution dont la houille constitue l'aboutissement.

La tourbe produit spongieux de couleur brune, brûle en dégageant peu de chaleur, mais beaucoup de fumée. Elle est constituée, en majeure partie, de sphagnum : végétaux inférieurs du genre mousses et lichens. Elle s'extraît encore de nos jours dans certains marais de la Campine et des Fagnes belges.

Le lignite et le " braunkohle ", de couleur brun-noir, offrent plus de compacité que la tourbe. Ils brûlent assez difficilement en dégageant une odeur bitumineuse caractéristique.

La houille est une roche noire relativement dure et de texture assez homogène. A l'exception d'un peu de tourbe et de lignite, les gisements de notre pays sont des gisements de houille. C'est la raison pour laquelle on confond communément houille et charbon.

Végétaux ayant contribué à former la houille

Les végétaux qui ont contribué à former la houille peuvent être classés en trois catégories :

- 1° des cryptogames vasculaires (fougère, prêles, lycopode, sélaginelle, etc) ;
- 2° des ptéridospermées ou filicystées (plantes dont le port était celui des fougères)
- 3° des gymnospermes houillères (conifères, cycadées, gnetacées, cordaïtes).

Houille

Définition

Roche combustible, renfermant de 78 à 15 % de carbone, tachant les doigts, luisante, feuilletée, se débitant en donnant l'impression de clivage; roche noire, nuance de velour, riche en matières volatiles, s'allumant facilement, brûlant avec une flamme plus ou moins longue, avec dégagement de gaz et une odeur très spéciale, celle du bitume; roche laissant le coke comme résidu très dur, d'aspect cristallin et de texture poreuse; roche formée essentiellement de débris végétaux ayant été transformés dans l'eau et très probablement à l'abri de l'air.

TENEURS EN CENDRES, EN EAU ET EN MATIÈRES VOLATILES
CLASSIFICATION DES HOUILLES

Au point de vue chimique, les combustibles ont des compositions variables. Ils sont constitués, en majeure partie, par des COMBINAISONS ORGANIQUES DU CARBONE. En plus, on y décèle la présence d'oxygène, d'hydrogène, d'eau et de sels minéraux à base de silicate hydraté de chaux, d'alumine et de fer, ainsi que des traces de soufre. Une fraction de ces matières minérales reste sous forme de cendres lors de la combustion. Le poids de ces résidus, rapporté à celui du charbon, représente la TENEUR EN CENDRES qui caractérise le degré de propreté du combustible, tout comme la TENEUR EN EAU indique son degré d'humidité.

La tourbe, le lignite et la houille correspondent à différents stades d'une transformation qui se manifeste par un enrichissement progressif en carbone avec un appauvrissement simultané de la teneur en oxygène et en hydrogène. Cette évolution se mesure par une diminution de la TENEUR EN MATIÈRES VOLATILES. On désigne ainsi le pourcentage de produits gazeux qui s'échappent lors de la distillation du combustible sec en vase clos à une température et pendant une période déterminées.

La notion de matières volatiles revêt une grande importance pratique. Elle sert, en effet, de base à la classification conventionnelle des houilles. (Voir tableau ci-dessous).

Les charbons pauvres en matières volatiles donnent un très faible dégagement gazeux. Ils sont assez difficiles à enflammer et brûlent lentement avec une flamme très courte.

Les charbons riches en matières volatiles donnent un dégagement gazeux abondant. Ils s'enflamment plus facilement et brûlent plus rapidement, avec une longue flamme.

Catégories de houille	Bassins producteurs	Teneurs en matières volatiles (en %)	Production en 1958 (en milliers de tonnes)
Gras B	Campine, Borinage et Centre	plus de 28%	5 159
Gras A	Campine, Borinage, Centre- et Charleroi	de plus de 20 à 28%	7 804
3/4 gras	Borinage et Centre (1)	de plus de 18 à 20%	1 055
1/2 gras	Tous les bassins du Sud	de plus de 14 à 18%	2 559
Maigres	Tous les bassins du Sud	de plus de 10 à 14%	3 615
Anthracites	Liège et Charleroi	10 et moins de 10%	6 841

(1) Les bassins de Charleroi et de Campine produisent également une faible quantité de 3/4 gras.

ANTHRACITE

L'anthracite est un charbon compact, d'un noir brillant. Il contient de 90 à 95% de carbone. L'anthracite brûle difficilement : néanmoins c'est un combustible très apprécié, parce que dans des foyers munis d'un tirage, il brûle avec un grand dégagement de chaleur.

Désignations commerciales des houilles

Le charbon domestique est généralement lavé, trié, criblé, classé. Le classement commercial est établi d'après les dimensions des cribles (en centimètres). Les gros ont plus de 220 mm de côté; les gailleteries sont des morceaux compris entre 70 et 220 mm de côté; les gailletins entre 40 et 70 mm; les têtes de moineau entre 25 et 40 mm.

Voici un exemple d'offre de charbons domestiques, avec les prix d'octobre 1961 (en F à la tonne):

	1/2 gras	coques	anthracites (type Liège)	boulets
5/10			1 530	
10/20	1 840	1 390	2 140	
12/22			2 150	
20/30	2 180		2 570	
20/40		1 500		
30/50	2 030		2 470	
40/80		1 540		
50/80	1 990		2 300	
- 10% cendres				1 630
10 à 14% cendres				1 530

Plusieurs désignations sont en usage dans le commerce. Nous donnerons les plus courantes :

La gaillette est un morceau de houille de moyenne grosseur. Gaillette est un mot wallon : diminutif de gaille, grosse noix, du latin nux gallica, noix gauloise. Le charbon de terre, cassé en petits morceaux pour un usage domestique, s'appelle gailletins. Quant à la gailleterie, c'est la houille en morceaux après triage. On donne le nom de tête de moineau à une catégorie de petits morceaux de houille dont la grosseur est à peu près celle d'une tête de moineau. Littéralement, la braisette est une menue braise : c'est aussi un petit calibre de charbon domestique (qui peut servir, par exemple à allumer le feu). Le tout-venant est la houille prise sans triage, avec la poussière et les gros fragments, dit gailletins et gailletins, comme nous venons de le voir. On donne le nom de poivre aux fragments de houille plus petits qu'un oeuf de moineau. Le poussier est du charbon pulvérulent. La terre qui provient du lavage du charbon constitue le schlam.

Si le charbon produit des flammes en brûlant, il est dit flambant.

Les lignes sont des houilles menues, presque en poussière (Exem

les fines à coke).

On définit l'aggloméré comme suit : boulet, briquette, oeuf de poussier de houille, de coke, de tourbe, etc. agglutiné au moyen d'un liant (brai de goudron) et qui sert de combustible.

Tourbe

La tourbe (allem. torff, angl. turf = terre , combustible) e s t un charbon fossile résultant de la décomposition spontanée, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, de divers végétaux marécageux. L'utilisation de la tourbe comme combustible remonte à des temps assez reculés; Pline cite les populations du pays de Chanci qui utilisaient " une sorte d'argile séchée " pour la cuisson des aliments et le chauffage des habitations. Les premiers essais d'exploitation se situent en Hollande, au XVème siècle; depuis ce pays son usage fut introduit en France par Lambreville, avocat au Parlement.

On admet habituellement deux variétés : la tourbe ligneeuse ou compacte, de couleur noire ou brun foncé dans laquelle on ne distingue plus que les éléments les plus importants du bois, et la tourbe herbacée ou spongieuse de couleur brune, assez claire, et dans laquelle on distingue nettement tous les éléments des végétaux.

Par suite de sa teneur en eau et en cendres, la tourbe possède une inflammabilité et une combustibilité inférieure à celle du bois. La puissance calorifique de la tourbe de première qualité est d'environ 4.000 calories, celle du charbon de tourbe de 5.800 calories.

La tourbe est surtout utilisée comme combustible de ménage dans les pays où la houille et le bois sont peu abondants.

Il y a toutefois avantage à opérer par distillation, en transformant la tourbe en charbon ou en coke, ou encore par gazéification, ce dernier procédé donnant des gaz combustibles utilisables pour le chauffage, pour la force motrice, etc.

COMBUSTIBLES ARTIFICIELS (CHARBONS ARTIFICIELS)

Charbon des cornues

Il s'agit d'un charbon compact, bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il se dépose dans les cornues de terre où l'on calcine la houille en vase clos afin de préparer le gaz d'éclairage. Sa densité est très voisine de celle du graphite naturel, mais il est beaucoup plus dur. On le désigne quelquefois dans le commerce sous le nom impropre de graphite artificiel.

Taillé en parallépipèdes, il sert de conducteur positif dans la pile de Bunsen.

Le charbon de cornue, eu égard à sa bonne conductibilité, s'enflamme difficilement; mais il constitue un excellent combustible lorsqu'il a été préalablement cassé en petits fragments, dans un foyer doué d'un bon tirage. Il ne laisse que peu de cendres et, sous un petit volume, il offre une grande proportion de matières combustibles. Le charbon de cornue est environ 5 fois meilleur conducteur de l'électricité que le graphite.

Coke

La houille, chauffée à l'abri de l'air en appareil distillatoire, cornue ou four, laisse un résidu solide, le coke. C'est un charbon très léger, d'une couleur grisâtre. Lorsqu'il provient de la calcination de houilles grasses qui, se décomposant, se ramollissent et subissent une sorte de fusion, le coke est volumineux, spongieux, très léger. Si les houilles calcinées sont des houilles maigres, il conserve la forme du charbon qui l'a produit; il est dur et compact.

Le coke est un combustible très employé, soit dans l'économie domestique, soit dans l'industrie.

Il est utilisé en métallurgie pour la fabrication de la fonte au haut-fourneau, et comme combustible, dans certains foyers à feu continu. Ce combustible présente l'avantage de ne dégager qu'une très faible quantité de matières volatiles, et, par suite, de ne pas encrasser les cheminées.

Le coke destiné à la métallurgie doit posséder une résistance mécanique suffisante pour ne pas s'écraser sous le poids de la charge du haut-fourneau. Celui provenant de la fabrication du gaz d'éclairage (coke de gaz) est plus léger et plus poreux que le coke de four.

Une partie du coke de gaz est employée à l'usine à gaz pour fabriquer le gaz pauvre, devant chauffer les cornues; une autre partie sert à la fabrication du gaz à l'eau, qu'on ajoute au gaz d'éclairage. Enfin le reste est livré pour le chauffage domestique et industriel.

Agglomérés

Ce sont des charbons formés par l'agglutination de poussières (poussières) ou de menus difficiles à utiliser. On emploie des combustibles divers (houille, anthracite, coke, charbon de bois, etc.) qu'on agglomère au moyen de goudron ou de brai (résidus de la distillation des goudrons).

Les briquettes sont obtenues, par compression, dans des presses à moule fermé; elles constituent un combustible de choix facile à manipuler pour les chaudières des locomotives et des navires à vapeur.

Les boulets sont un combustible domestique, trop souvent d'une teneur en cendres trop élevée.

Charbon de bois

Il conserve la forme du bois qui lui a donné naissance. Sa densité varie de 1,45 à 2,0. Il renferme en moyenne :

Carbone ..	81,8 pour 100
Hydrogène ..	2,1
Oxygène et azote ..	14,6
Cendres ..	1,5

A l'air, il absorbe de 8 à 12 pour cent d'eau.

Charbon de tourbe

On le prépare comme le charbon de bois. Il est noir friable, riche en cendres.

On l'utilise parfois, mêlé au coke et au charbon de bois, dans les régions où on exploite la tourbe.

Lignite

Le charbon fossile appelé lignite (du latin lignum, bois) est un combustible intermédiaire entre la houille et la tourbe, de pouvoir calorifique variant, selon la pureté, de 6.500 à 1.400 calories (teneur en carbone 55 à 73 pour 100).

Cette roche combustible, plus compacte et plus riche que la tourbe, est formée de lits superposés d'une matière noire ou brune, d'aspect terreux, mais fibreux. Elle est ordinairement composée de gros débris ligneux, mélangés à des éléments végétaux de moindre dimension (graminées, mousses, aiguilles de conifères).

Les lignites brûlent avec une flamme longue, mais peu chaude, accompagnée d'une fumée noire, d'une odeur désagréable.

Le jais naturel, employé pour les bijoux de deuil, n'est qu'une variété de lignite, noire, luisante, assez dure pour être travaillée au tour et polie.

Graphite

Le graphite est la forme cristallisée du carbone stable à haute température. Il se présente, dans la nature, soit à l'état de paillettes (il est alors nommé graphite cristallisé), soit finement divisé (on le dénomme alors graphitoïde ou graphite amorphe, ce qui est un terme impropre car il s'agit en réalité d'une structure en paillettes cristallisées extrêmement fines).

Le graphite naturel est concurrencé par le graphite artificiel. Ce dernier est obtenu au four électrique, à partir d'agglomérés d'antracite ou de coke de pétrole.

Les usages dépendent en grande partie de la teneur en cendres. Le graphite le moins pur (8 - 14 pour cent de cendres) sert aux crayons, à des peintures anti-rouille, à des enduits de moules de fonderie et à des revêtements réfractaires, à la pâte pour hauts-fourneaux. Du graphite plus pur (6 à 8 %) s'utilise comme lubrifiant, seul ou mêlé aux huiles.

Enfin, les variétés cristallines ont pour emploi essentiel la fabrication des creusets en métallurgie. Le graphite est en effet une substance hautement résistante à la combustion (inaltérée à 600° dans l'oxygène), peu fusible (3.800°) et très conductrice de la chaleur.

TABLEAU SCHEMATIQUE DE LA DISTILLATION
DE LA HOUILLE A HAUTE TEMPERATURE

Houille :

A. Coke

B. Gaz brut

a. - Gaz d'éclairage

b. - Goudron brut :

1. Benzol et toluol
2. Xylol et solvant naphta
3. Huile de goudron
4. Naphtaline
5. Poix
6. Anthracène
7. Phénols et crésols
8. Pyridine

c. - Gaz ammoniacal :

1. Chlorure d'ammonium
2. Sulfate d'ammoniacal
3. Nitrate d'ammonium

d. - Benzol brut (benzol lourd) :

1. Benzol
2. Xylol
3. Naphte solvant
4. Toluol.

Goudrons (de houille, de lignite, de tourbe, de schiste)

Ce sont des substances obtenues par la distillation de matières organiques bitumineuses brutes. On distingue : les goudrons paraffiniques, les goudrons non paraffiniques.

a) Goudrons paraffiniques

Les goudrons paraffiniques comprennent les goudrons de lignite, de schiste, de tourbe et le goudron de houille obtenu à basse température (dit Urteer). Ce dernier est le produit principal de la distillation sèche de la houille à une température aussi basse que possible, le semi-coke n'étant dans ce cas qu'un produit accessoire.

B) Goudrons non paraffiniques

Ce sont les produits accessoires de la production du coke, par la distillation sèche de la houille à environ 1.200° degrés (goudron de houille à haute température, souvent dénommé, dans le commerce, goudron de houille).

Ces goudrons sont caractérisés par l'absence de paraffine et par la présence de benzol, de naphthaline, d'anthracène et de carbone libre. Ils contiennent, en outre, en quantités considérables, du phénol et des homologues de ces produits, ainsi que des bases pyridiques. Par leur distillation, on obtient le benzol, le toluol et autres huiles de goudron de houille (huiles phénoliques, naphthaléniques, anthracéniques, etc)

Il faut se garder de confondre les goudrons qui précèdent avec ceux qui ne proviennent pas d'une matière minérale : le goudron de bois et le goudron de stéarine.

Principaux usages des goudrons

Le goudron de houille, ou coaltar, est traité en vue de la séparation de ses principaux constituants, qui sont d'importantes matières premières pour les industries des solvants, des colorants, des explosifs et des produits pharmaceutiques.

Le traitement des goudrons des huiles minérales a donné naissance à la pétrochimie et à l'industrie des plastiques. Certains goudrons trouvent leur emploi dans le mastiquage des routes (bitoi) et la fabrication des vernis. (Le bitume animal obtenu par la distillation des os - huile minérale de Dippel).

Quant au goudron végétal, on l'utilise en thérapeutique (goudron de Norvège) comme antiseptique, balsamique et anticatarrhal.

C. COMBUSTIBLES LIQUIDES

Origine du pétrole

Après de multiples controverses sur l'origine du pétrole, le processus de formation suivant est généralement admis aujourd'hui : les dépôts organiques (végétaux ou animaux) ont subi, dans les couches imperméables (argileuses par exemple) pauvres en oxygène, une fermentation particulière (bituminification) sous l'action de bactéries anaérobies. Le pétrole ainsi formé a graduellement remonté sous des actions diverses dont la plus importante est la poussée de l'eau, pour se concentrer dans les anticlinaux (dômes) des roches perméables.

Huiles de pétrole brutes

Les huiles de pétrole brutes sont des liquides de couleur ambrée ou rougeâtre, plus ou moins opaque, fluorescente (verdâtre en lumière réfléchie),

à odeur plus ou moins prononcée similaire à celle du pétrole lampant.

Les pétroles bruts sont généralement destinés à des raffineries de pétrole.

Huiles obtenues par la distillation ou par le cracking du pétrole brut et des huiles de goudron et de schiste, soit par des procédés synthétiques.

1. Huiles légères

On entend par huiles légères:

- a) Les liquides dont la densité ne dépasse pas 0,788 à 15 degrés centigrades,
- b) Ceux d'une densité supérieure à 0,788 à 15° C., fournissant à la distillation sous la pression atmosphérique, 90 pour 100 et plus de leur volume avant 225° C.;
- c) Ceux qui, avec une densité supérieure à 0,788 à 15° C. et une distillation inférieure à 90 pour 100 de leur volume avant 225° C., ont leur point d'inflammabilité en vase clos à 25° C. ou moins.

Ce sont des liquides incolores, volatils, s'enflammant facilement. Un papier trempé dans ces produits se sèche rapidement et ne se tache pas.

Ces huiles servent principalement de carburants dans les moteurs à explosion. Elles servent aussi au dégraissage, à la dissolution (diluants industriels et domestiques), à la fabrication de couleur, de vernis, de siccatifs, d'encres d'imprimerie, de produits d'entretien, etc.

Dans le commerce, les huiles légères sont connues sous le nom de: éther de pétrole, essence de pétrole, pétroléine, benzine de pétrole, gasoline, white-spirit, etc. La benzine de pétrole, habituellement appelée essence, s'appelle en Amérique naphta et, en Angleterre, spirit. En Suisse, on la dénomme souvent, à l'allemande, benzine, terme également néerlandais.

2. Huiles moyennes

Par huiles moyennes, on entend:

- a) Les liquides dont la densité est supérieure à 0,788, mais ne dépasse pas 0,830 à 15° C. et qui ne présentent pas les caractères des huiles légères;
- b) Ceux dont la densité dépasse 0,830 à 15° C., mais qui fournissent à la distillation sous pression atmosphérique, 65 pour 100 de leur volume avant 250° C.;
- c) Ceux d'une densité de 0,780 à 0,788 à 15° C. qui distillent au plus 20 pour 100 de leur volume jusqu'à 175° C. et dont le point d'inflammabilité en vase clos est supérieure à 30° centigrade;

- d) Les huiles pouvant servir directement à l'éclairage sans avoir été, au préalable, raffinées ou purifiées, pour autant qu'elles ne présentent pas les caractéristiques des huiles légères.

Les huiles moyennes sont des liquides incolores à fluorescence bleue, à odeur particulière; elles sont peu volatiles et tachent le papier. On les utilise communément pour l'éclairage, sous les dénominations commerciales de pétroles lampants ou kérosène.

3. Huiles lourdes

- a) Les huiles à gaz (gascoils) non décolorées: huiles combustibles qui servent principalement comme carburants dans les moteurs Diesel et similaires (moteurs fixes et moteurs de véhicule). Elles sont également utilisées pour le chauffage central.
- b) Les huiles combustibles: fuel oil et mazout. Ce sont des liquides visqueux et noirâtres qui servent principalement au chauffage des fours, des générateurs de vapeur, des chaudières de chauffage central, etc.
- c) Les huiles lubrifiantes utilisées pour le graissage des machines et des mécaniques de toute espèce.

Vaseline

Mélange complexe de carbures d'hydrogène, extraits des pétroles bruts, en gelée inodore, insipide, de teinte variant de l'incolore au jaune et au brun. Point de fusion = de 30° à 40° C. Densité: 0,82 à 0,85. Elle est employée en pharmacie, en cosmétique, pour la fabrication des lubrifiants. Les vaselines artificielles de pharmacie sont des mélanges de vaseline et de cérésine.

L'huile de vaseline ou vaseline liquide, provient de la distillation des pétroles. Elle est employée comme lubrifiant et antirouille, ainsi qu'en pharmacie.

Ozokérite ou cire minérale

L'ozokérite, formée d'hydrocarbures d'ordre élevé (C^{15} à C^{35}), est solide à la température ordinaire, semblable à une cire de couleur brun verdâtre. Elle contient 30 à 50 pour 100 de paraffine. Il y a un gisement industriel à Bonyslaw, en Galicie, où elle remplit des fractures. L'ozokérite a les mêmes usages que la cire ou la paraffine artificielle.

Cérésine

Mélange complexe de carbures préparés en raffinant l'ozokérite. Cette matière ressemble à la cire; elle est blanche, jaune ou rougeâtre. Elle sert à la fabrication de la vaseline artificielle, des cierges, de la cire à parquets, des crèmes à chaussures, des graisses pour cuirs, des lubrifiants. C'est, en résumé, un substitut de la cire d'abeille.

Oxybitumes et asphalte

Les oxybitumes, ou asphaltes, proviennent de l'oxydation et de la polymérisation des hydrocarbures naturels, principalement de la catégorie des huiles lourdes. Ce sont des substances hydrocarbonées complexes légèrement oxygénées et parfois sulfurées. Quand ils sont purs, ils ressemblent à de la poix; mais ils peuvent être liquides ou solides.

Ils servent à la fabrication des vernis et peintures, au goudronnage des routes.

La plus grande partie de la production de bitume provient de l'île de Trinidad. Il y a également des gisements exploitables en Egypte, aux États-Unis et en France, notamment.

Mazout et Fuel-oil

Ces mélanges complexes d'hydrocarbures proviennent de la distillation des pétroles. Ils sont employés en injection (comme carburant) dans les moteurs à explosion et (comme combustible) dans les foyers de chaufferie.

On distingue commercialement les variétés suivantes : mazout domestique (densité : de 0,86 à 0,89), mazout léger (densité : 0,89 à 0,93) et le mazout lourd (densité : de 0,92 à 0,95).

D. COMBUSTIBLES GAZEUX

a) GENERALITES

L'emploi, pour le chauffage, de combustibles gazeux présente un grand intérêt en raison de la facilité de réglage. Aussi a-t-on cherché à préparer artificiellement des gaz combustibles et à utiliser les gaz naturels existant dans les couches géologiques.

Les gaz artificiels sont de plusieurs types :

- 1° Les gaz provenant de la pyrogénéation en vase clos (gaz de houille, de bois, d'huile);
- 2° Les gaz de gazogène;
- 3° L'air carburé, les hydrocarbures.

Les gaz naturels sont composés de méthane accompagné d'éthane, d'hydrogène et d'azote.

b) GAZ ARTIFICIELS

Gaz d'éclairage ou gaz de houille

On l'obtient en distillant la houille en vase clos. La fabrication se fait dans des usines à gaz. Ce dernier est emmagasiné dans de vastes réservoirs, à capacité variable, appelés gazomètres.

- Les sous-produits de la fabrication du gaz de houille sont :
- 1° l'ammoniaque (transformée en sulfate et livrée comme engrais)
 - 2° les substances extraites des goudrons, la naphthaline
 - 3° le coke.

Gaz de bois

Il est obtenu par distillation du bois.

Gaz d'huile

On les fabrique par pyrogénéation d'huiles lourdes minérales dans les cornues de terre réfractaire.

Pouvoir calorifique : environ 8.000 calories.

Gaz de gazogène

1. Gaz à l'air ou gaz de générateur

Il est obtenu en faisant passer un courant d'air (air primaire) sur une colonne de charbon (le plus souvent du coke) porté au rouge. On obtient ainsi un mélange d'oxyde de carbone (environ 33 pour cent), d'azote (65 pour cent) et un peu d'hydrogène.

2. Gaz à l'eau

Il se forme en faisant passer sur du coke incandescent de la vapeur d'eau qui est réduite avec production d'oxyde de carbone et d'hydrogène :



Pouvoir calorifique : 2.500 calories.

3. Gaz pauvre

Gaz mixte obtenu en injectant à la fois de l'air et de la vapeur sur du coke, de manière à obtenir un gaz de température peu élevée, utilisé dans un moteur à explosion.

Butane

Gaz combustible, hydrocarbure de formule C_4H_{10} (de la même famille que le méthane, l'éthane et le propane) que l'on obtient comme produit résiduel dans la rectification de la gazoline et dans le cracking des produits lourds de raffinage des pétroles.

Sa facilité de liquéfaction permet son transport à l'état liquide dans des récipients relativement légers (bouteilles ou bonbonne de métal).

Le butane, gaz lourd, n'est pas toxique mais irrespirable; il forme avec l'air un mélange détonant. Il sert à l'alimentation d'appareils de chauff-

fage, de cuisine et d'éclairage (particulièrement à la campagne).

Air carburé

L'air carburé employé dans les moteurs d'automobiles ou d'aviation s'obtient par tarbotage d'air dans un combustible volatil (essence, benzol, alcool). - Voir la section : CARBURANTS.

Hydrocarbures gazeux

Le seul hydrocarbure utilisé pratiquement est l'acétylène.

Acétylène

Gaz incolore, d'odeur ordinairement très désagréable, alliagée, par suite des impuretés qu'il contient. Il brûle avec une flamme particulièrement éclairante, presque blanche. Mélangé d'air, il explose violemment si on l'enflamme. Ce gaz est toxique.

Usages : pour les chalumeaux oxyacétyléniques. Matière première importante en chimie organique (exemple, la synthèse du caoutchouc et les matières plastiques; solvants chlorés; éthylène; résines vinyliques; cuprène; acétaldéhyde; acide acétique; acétone; nylon et autres textiles; etc.).

Très utilisé autrefois dans l'éclairage : aujourd'hui, il est encore fait appel à des générateurs portatifs pour l'inspection de lieux obscurs non électrifiés, tels que grottes, égouts, caves, etc.).

Hydrogène

Gaz incolore, inodore, brûlant avec une flamme incolore. Mélangé d'air en proportion convenable, il fait explosion, quand on l'allume. C'est le plus léger des corps connus. Dans les bonbonnes, il n'est jamais liquéfié.

Usages : pour les chalumeaux oxyhydriques; pour le gonflement des aérostats; pour la synthèse de l'ammoniaque et les hydrogénations de divers corps chimiques, particulièrement des huiles végétales et animales.

Gazéification souterraine

La gazéification souterraine est un procédé d'exploitation minière consistant à allumer le charbon sur place dans la mine, à l'y faire brûler incomplètement comme dans un gazogène, de façon à obtenir un gaz combustible qui peut être transporté facilement par pipe-lines pour les besoins industriels et domestiques.

Le pouvoir calorifique du gaz ainsi obtenu est d'environ 1.000 calories par mètre cube; mais on peut porter ce chiffre à 3.000 calories en insufflant alternativement dans la mine de l'air suroxygéné et de l'air humide.

c) GAZ NATURELS

Des hydrocarbures gazeux accompagnent normalement le pétrole. Ils jouent un rôle essentiel dans l'exploitation en facilitant la montée du pétrole dans les sondages, mais ils peuvent également être exploités pour eux-mêmes.

Les gaz secs contiennent de 95 à 99 % de méthane.

Toutefois, ce dernier gaz n'est pas nécessairement lié à des gisements pétrolifères, et nous citerons à cet égard la Transylvanie. Le méthane peut aussi exister dans le sous-sol, à l'emplacement de bassins pétrolifères détruits par le métamorphisme général, et dont l'huile a été décomposée. C'est le cas, par exemple, dans la chaîne des Apalaches (E.U.).

E. CARBURANTS

Définition

Les carburants sont des mélanges de combustibles liquides et volatils, capables de se combiner à l'oxygène de l'air pour alimenter des moteurs "à mélanges préalables" ou moteurs à explosion.

Indice d'octane

L'indice d'octane des carburants est une mesure de leur valeur anti-détonante. Elle se fait par comparaison, dans un moteur spécial, entre des hydrocarbures étalons, l'heptane normal, d'une part, qui a pour indice 0, et, d'autre part, l'iso-octane d'indice 100. Cette mesure dans un moteur de laboratoire est d'ailleurs empirique, et les conditions de fonctionnement sont déterminées de manière telle que le classement des carburants sur ce moteur coïncide avec celui de ces mêmes carburants dans des moteurs d'automobile courants.

Lorsque le mélange d'iso-octane et d'heptane a le même pouvoir anti-détonant que le carburant, son pourcentage en iso-octane est l'indice d'octane du carburant.

Il est évident que, par son principe même, un moteur à explosion doit pouvoir résister au choc. Toutefois, si ce choc n'est pas toujours dû à un phénomène de détonation, il est provoqué par une combustion à grande vitesse de propagation, qui peut quelquefois être d'un type vibratoire. Pour limiter ces chocs ou vibrations nuisibles, il est fait appel aux antidétonants, lesquels présentent la propriété de résister à la détonation ou d'empêcher le cliquetis du moteur. D'une façon générale, l'antidétonant est un additif qui augmente l'indice d'octane d'une essence et retarde l'apparition du phénomène de détonation (l'essence commerciale a un indice d'octane de 75 environ).

Carburants d'un emploi courant

Les carburants sont constitués soit par des hydrocarbures, soit par

des composés oxygénés ou alcools, soit par des mélanges de ces corps.

Les plus couramment utilisés sont les essences dites "tourisme" (supercarburant, pétrole, benzol provenant de la distillation du goudron de houille), les alcools éthylique et méthylique, ainsi que les mélanges binaires à essence-alcool, essence benzol, ou bien encore les mélanges ternaires essence-benzol-alcool.

Le pétrole peut être utilisé soit comme carburant dans un moteur tel que le moteur de tracteur agricole, soit comme combustible dans les moteurs à réaction.

Succédanés de l'essence de pétrole

En cas de guerre, voire de crise internationale (nous citerons à titre exemplatif, la fermeture du canal de Suez) les pays non producteurs de pétrole doivent faire appel à divers succédanés de l'essence pour autos et avions.

On utilise comme matières de remplacement :

1. Le benzol - le meilleur succédané; c'est un sous-produit de la distillation de la houille;
2. la tétraline (tétrahydronaphtaline, avec un peu de décahydronaphtaline); elle a été particulièrement utilisée en Allemagne;
3. l'alcool, médiocre carburant parce que trop oxygéné;
4. les carburants synthétiques, obtenus par hydrogénation des hydrocarbures lourds, goudron, etc.
5. Une autre méthode consiste à supprimer le carburant proprement dit, en employant directement un combustible liquide (huiles lourdes, minérales ou végétales, goudron, etc.) ou un combustible gazeux (gaz pauvre de gazogène portatif au coke, au bois, au charbon de bois).

Etude de quelques carburants

1. Carburants dérivés du pétrole

a. Ethers de pétrole

Distillation : de 40° à 75° C.

Ils présentent de sérieux dangers d'incendie; aussi, ne sont-ils employés que pour les mises en marche difficile.

Densité : de 0,635 à 0,680.

Pouvoir calorifique : \pm 11.000 calories par kg.

Exemple : la gazoline (densité : 0,64 à 0,70) : à conserver au frais, à manipuler loin de toute flamme. Elle s'emploie aussi comme dissolvant.

t. Essence de pétrole

Distillation: de 75° à 160° C.

Densité: de 0,680 à 0,760.

Pouvoir calorifique au kg: 10.500 à 11.500.

Inflammation à 0°.

Le pouvoir calorifique diminue ordinairement quand la densité augmente. En ce qui concerne les combustibles liquides qui conviennent pour les moteurs d'automobiles, la proportion d'hydrogène que contient le combustible a une importance considérable.

Note: On appelle naphte le produit de la distillation des pétroles bruts qui passe de 96 à 140° C., de densité 0,70 - 0,74.

c. Huiles lampantes

Distillation: de 160° à 280° C.

Densité: 0,780 à 0,850.

Pouvoir calorifique: 10.500 à 11.000 calories par kg.

inflammables à 25°.

Ce sont des produits assez mal définis, de composition variable suivant les origines.

Ces huiles sont utilisées pour des moteurs à régime constant (donc, pas pour les automobiles). En effet, la marche au ralenti, avec du pétrole, est fort difficile.

d. Huiles lourdes dites "huiles solaires"

Ces huiles sont, en fait, des variétés de pétrole lampant.

Densité: 0,850 à 0,885.

Puissance calorifique: 11.000 calories par kg.

L'emploi de ces huiles lourdes telles que gasoil et fuel oil est limité aux moteurs semi-Diesel ou Diesel.

2. Carburants extraits de la houille

a. Benzol

Densité: 0,885.

Pouvoir calorifique: 10.000 calories par kg.

On utilise:

1. le benzol ordinaire d'automobile;
2. le benzol 90% lavé, qui est un mélange distillant 90% de son poids, avant son ébullition qui se produit à 80°; carburant peu volatil qui se congèle en hiver à $\pm 4^{\circ}$ C.;
3. le benzol raffiné.
Composition: benzène: 84 %; toluène: 15 %; xylène: 1 %.
Combustible de choix, rend les démarrages faciles.

b. Huiles demi-lourdes (créosote)

Succédané de l'essence. Carburant volatil vers 15°, qu'il faut donc réchauffer avant de mettre le moteur en marche. Odeur pharmaceutique désagréable.

c. Huiles lourdes

Elles proviennent de la distillation des goudrons de houille, entre 250° et 360°.

Densité: 0,900 à 0,950.

Inflammables à 65 ou 80°.

3. Alcools

a. Alcool dénaturé

Densité: 0,835.

Pouvoir calorifique: \pm 5.800 calories au kg.

b. Alcool pur

Densité: 0,835.

Pouvoir calorifique: 5.954 calories au kg.

Comme carburants, les alcools exigent un réchauffage énergique; ils sont d'un emploi difficile; les démarrages, notamment sont pénibles.

Par contre l'alcool au benzol (alcool 50 %, benzol 50 %) donne de bons résultats.

F. LUBRIFIANTS

Qu'est-ce qu'un lubrifiant ?

Un lubrifiant est une matière, fluide ou solide, mais onctueuse, servant à lubrifier (c'est-à-dire rendre glissant pour faciliter le fonctionnement) les pièces des machines.

But du graissage

Le graissage a pour but de diminuer la résistance due au frottement d'une pièce qui se déplace par rapport à une autre, en agissant sur la nature des matériaux en contact. On remplace, par exemple, le coefficient de frottement acier-bronze par un premier coefficient acier-huile et un second huile-bronze, tels que leur somme soit inférieure au premier.

Le graissage d'une pièce consiste donc, toujours, à interposer entre les pièces en mouvement un film de matière lubrifiante.

Principaux lubrifiants

Les graisses employées au graissage des organes mécaniques sont presque uniquement des graisses minérales, plus ou moins fluides. On utilise aussi des huiles, de l'eau de savon, des mélanges à base de glycérine.

L'interposition de chemises solides de métal antifricition ou de graphite constitue un véritable graissage.

Pour les travaux d'ébauche, où l'énergie absorbée est grande, on utilise l'eau de savon et l'huile soluble. Pour certains métaux, tels que la fonte, on utilise l'eau pure ou additionnée de soude. Pour d'autres métaux, comme l'aluminium, on emploie le pétrole lampant ou l'essence.

L'huile de ricin est un lubrifiant employé en aviation.

Huiles de graissage

Depuis près d'un siècle, la lubrification a fait l'objet d'études intéressantes, lesquelles ont permis d'élucider complètement la nature de cette propriété assez mystérieuse de certaines substances, à laquelle on a donné le nom d'onctuosité, de démontrer d'une façon certaine son existence, et d'établir quelques lois auxquelles elle obéit. Une fois de plus la théorie est venue confirmer, sur ce point, l'expérience, et expliquer pourquoi des huiles pouvaient, avec des caractères très voisins, avoir une valeur lubrifiante bien différente, ce que les praticiens expliquaient en disant que telle huile "a ou n'a pas de corps".

On a remarqué que l'addition d'huiles végétales et animales aux huiles minérales améliorait l'onctuosité de ces dernières. Il a été fait appel à ces mélanges dans l'industrie automobile, sous le nom d'huiles compoundées.

C'est par toute une série de "crackings" successifs, suivis de distillations et rectifications, de purifications et de déparaffinages, que l'on arrive à tirer le meilleur parti d'un produit naturel donné.

Cambouis

Matière grasse qui, employée pour adoucir le frottement des roues, des essieux et des machines, devient boueuse et noire par le mélange des particules métalliques détachées des organes lubrifiés. Elle est impropre à un graissage soigné; on l'utilise pour le graissage des brouettes, chariots, etc.

G. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Charbon

1. Jusqu'au XIXe siècle le bois a suffi au chauffage domestique et aux procédés rudimentaires de la métallurgie.

2. Au XVIIIe siècle, s'est produit ce qu'on a appelé la révolution industrielle. Elle a commencé en Angleterre et est caractérisée par l'apparition du charbon dans la vie industrielle.

3. La houille se trouve à peu près dans toutes les périodes géologiques mais elle est en très grande prédominance dans les terrains de l'époque primaire.

4. Le plus grand inconvénient du charbon c'est d'exiger des transports très coûteux parce qu'il est très lourd et très encombrant.

Sa production absorbe également beaucoup de main-d'oeuvre: jusqu'à 60 % du prix de revient.

5. Le traité instituant la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (C.E.C.A.) a été signé à Paris le 18 avril 1951 par les délégués de l'Allemagne fédérale, de la Belgique, de la France, de l'Italie, du Luxembourg et des Pays-Bas.

La C.E.C.A. a pour mission de contribuer, en harmonie avec l'économie générale des Etats membres et grâce à l'établissement d'un marché commun du charbon et de l'acier, à l'expression économique, au développement de l'emploi et au relèvement du niveau de vie dans les Etats membres.

6. Actuellement l'industrie charbonnière des pays de la C.E.C.A. traverse une crise structurelle due à la concurrence des autres sources d'énergie. Elle se traduit par la mévente et une accumulation de stocks.

Notre pays est particulièrement atteint.

Le remède préconisé par la Haute Autorité de la C.E.C.A. est la réduction permanente de la capacité de production obtenue par la fermeture de plusieurs sièges d'exploitation déficitaire.

7. Les gisements de charbon sont inégalement répartis et exploités.

Les plus vastes et les plus riches sont ceux des Etats-Unis, de l'Angleterre, du bassin franco-belgo-westphalien, de Moravie, de Haute-Silésie, du Donetz, de Sibérie. La Chine détient de nombreux et puissants gisements qui entrent en exploitation.

De même le Japon, l'Indochine, l'Australie, les Indes, l'Asie Mineure, l'Afrique du Sud renferment de beaux gisements. Par contre l'Afrique du Nord (en dehors du Sud-Oranais et du Nord du Maroc) est pauvre. On trouve encore quelques îlots dans le sud du Brésil et, vers le pôle Nord, dans le Spitzberg.

Lignite

1. Ce combustible est très répandu en Allemagne, surtout dans le voisinage du Rhin, en Bohême, en Italie.

On peut citer en France, comme gisements de lignites, les lignites de Provence, d'époque secondaire, les lignites pyrénéens du Scissonnais, d'âge tertiaire; une variété de lignite, noir, dur, luisant peut être travaillé en joaillerie: c'est le jais, ou jayet, avec lequel on fabrique des bijoux de deuil. On en trouve dans l'Aude et dans les Bouches-du-Rhône.

La terre d'ombre et la terre de Cologne sont d'autres variétés terreuses de lignite.

Au Canada, les lignites sont très développés dans les grandes plaines du Saskatchewan et de l'Alberta.

2. Production mondiale (en 1.000 t.)

1957	590.000
Allemagne	52,4 %
Tchécoslovaquie	3,7 %
Autres pays	15,5 %.

Tourbe

On rencontre des amas considérables de tourbe en Irlande, en Angleterre (peat bogs), en France (particulièrement dans le département de la Somme), en Allemagne, même en Belgique, etc...

La tourbe a commencé à se former pendant la période quaternaire, après le recul des glaciers et sa formation continue de nos jours. En France, on en trouve sur les pentes granitiques des Vosges, du Morvan, de certaines régions pyrénéennes. On la trouve également, comme nous le disions plus haut, dans la vallée de la Somme; dans celle du Jura. Ce sont des vallées particulièrement humides. En Irlande se trouvent de vastes marais, formant un million d'hectares de tourbières où la tourbe peut atteindre 15 m d'épaisseur.

Pétrole

1. L'histoire moderne du pétrole ne commença réellement que le 27 août 1859 lorsque Edwin L. DRAKE découvrit du pétrole en Pensylvanie à une profondeur de 22 mètres. Dès ce moment, l'exploitation de cette matière prit un essor que rien ne devait arrêter.

2. La production mondiale qui au cours des années 1857-1860 n'atteignait encore que 100.000 tonnes métriques, connut par la suite un développement extraordinairement rapide. En effet, en 1870, elle était déjà montée à 800.000 tonnes et, au début du XXe siècle, elle s'élevait à 21 millions de tonnes; en 1930 à 202 millions et, en 1940 à 298 millions.

Les années qui suivirent la seconde guerre amenèrent une nouvelle et rapide expansion qui porta la production à 450 millions de tonnes en 1947 et 763 millions en 1955.

4. Bien que l'on trouve du pétrole dans une cinquantaine de pays, la très grosse partie de la production est concentrée dans quelques régions: Etats-Unis d'Amérique, les pays environnant le Golfe du Mexique et la Mer des Caraïbes, le Proche et le Moyen Orient, le voisinage de la Mer Noire.

Il faut ajouter les découvertes récentes faites au Sahara.

Production mondiale de pétrole brut en milliers de tonnes:

1938	. . . . .	273.200
1957	. . . . .	880.300
- 1958	. . . . .	905.200
E.U.	. . . . .	40,0 %
Vénézuéla	. . . . .	15,3 %
U.R.S.S.	. . . . .	12,5 %
Autres pays	. . . . .	32,2 %

Gaz naturel

1. Le gaz naturel est exploité aux Etats-Unis (Pittsburg), en Italie, en France (Lacq)

2. Le gaz de Lacq (sud de la France) est déjà amené par tuyauterie dans la région parisienne. Il est appelé à desservir une aire étendue (bassin de Lorrain, etc.).

3. La Communauté Economique Européenne sera amenée, au cours des années, à réserver au gaz de France et du Sahara, une place de choix parmi les sources d'énergie dont elle disposera.

L'industrie gazière en Belgique

1. Il est utile de rappeler que la fabrication du gaz d'éclairage est une suite des expériences effectuées à la fin du XVIIIe siècle par notre compatriote MINCKELERS, professeur à l'Université de Louvain.

La première usine à gaz du continent fut établie à Bruxelles en 1819.

2. A la veille de la première guerre mondiale, la Belgique comptait 83 usines à gaz dont six dans l'agglomération bruxelloise.

3. Les dévastations de la guerre de 1914-18 provoquèrent un mouvement de concentration industrielle et de nationalisation. La collaboration est de plus en plus intime entre le gaz et le coke.

Le gaz est devenu un sous-produit de l'industrie métallurgique.

4. C'est en 1950 que le grisou fut utilisé pour la première fois pour l'alimentation du réseau.

Par cracking, le grisou est transformé en un gaz de pouvoir calorifique inférieur: il peut alors être enrichi par du méthane.

5. En raffinant du pétrole brut on obtient comme sous-produits le BUTANE et le PROPANE, gaz à l'état normal, ils peuvent être stockés sous forme liquide, à pression réduite, d'où leur nom de gaz de pétrole liquéfiés. Ces gaz sont beaucoup plus riches que le gaz de ville distribué: 30.000 cal./m³ pour le butane, 20.000 cal/m³ pour le propane.

6. Aujourd'hui, l'industrie gazière base en partie ses approvisionnement sur le pétrole: 80 % des gaz distribués proviennent du coke de cokerie, 15 % du grisou et 5 % des gaz de pétrole liquéfiés.

Pour ces derniers, on procédera bientôt au stockage souterrain.

7. Enfin dans un avenir proche, l'ensemble de la politique gazière devra être revue à la lumière des apports de gaz naturel (de Lacq et, surtout, du Sahara).

Chapitre III

MINÉRAIS ET MÉTAUX

A. MINÉRAIS

Etat natif

Quelques métaux se trouvent dans la nature à l'état natif (latin na-tivus, de natus, né), c'est-à-dire à l'état pur ou presque. Ce sont l'or, le platine, le rhodium, le palladium, l'iridium, et, quelquefois, l'argent, le mercure et le cuivre.

Pépites

En minéralogie, on appelle pépite un morceau d'or, de platine ou d'un autre métal précieux, existant dans les alluvions et plus gros qu'une pail-lette.

Les fragments d'or, détachés de la roche qui les contenait, ont été entraînés plus ou moins loin, suivant leurs dimensions, par les eaux; les plus gros, c'est-à-dire les pépites, sont restés à peu de distance du gisement originel. Les pépites d'or peuvent atteindre des dimensions et un poids considérables. Le Muséum d'histoire naturelle (à Paris) possède le moulage de l'une d'elle, trouvée en Australie et qui pesait 95 kg.

Les minerais

Les métaux ne se trouvent qu'exceptionnellement à l'état natif; ils sont le plus souvent à l'état de combinaison avec un agent minéralisateur, et l'on appelle minerais ces composés naturels d'où l'on retire les métaux.

Les minerais, à leur tour, existent rarement dans les gîtes en masses assez compactes pour pouvoir être vendus directement après extraction comme produits susceptibles d'utilisation industrielle : il faut au préalable séparer le minerai proprement dit des matières étrangères qui l'emprisonnent et qui constituent la gangue.

Minerais de fer

Les principaux minerais sont les oxydes : la magnétite; l'oligiste, nommé aussi hématite rouge quand il est cryptocristallin; la limonite ou hématite brune qui est hydratée, amorphe. Le carbonate de fer, ou sidérose, est exploité dans quelques gisements.

Les silicates de fer interviennent sous la forme de minéraux voisins des chlorites, silicates, hydrates de fer, alumine, magnésie, et nommés cramosite, bavalite, berthièrite, minéraux mal définis, rencontrés dans des grès sédimentaires.

Minerais de cuivre

On trouve du cuivre à l'état natif, notamment dans la région du lac Supérieur (Etats-Unis).

Les minerais oxydés sont plus fréquents. Ce sont : la cuprite (qui est de l'oxyde de cuivre); l'azurite (carbonate de cuivre bleu); la malachite ou carbonate de cuivre vert peut acquérir un beau poli.

Minerais d'étain

Le minerai est la cassitérite SnO_2 et accessoirement la stannine $\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{FeS} \cdot \text{SnS}_2$. La cassitérite contient parfois des impuretés combinées : fer, titane, tantale et niobium. Le tantale peut être éventuellement récupéré dans le courant du traitement.

La cassitérite de certains gisements est magnétique sans qu'il y ait un rapport avec la teneur en fer.

Minerais de zinc

Le principal minerai de zinc est la blende (on prononce blaind), sulfure de zinc ZnS .

La calamine ou carbonate de zinc CO_3Zn est de bien moindre importance.

Minerais d'or

L'or se présente généralement à l'état natif, allié à d'autres métaux, surtout à l'argent à un titre qui s'abaisse jusqu'à 500 millièmes (électrum). Comme autres minerais d'or, il n'y a que des tellures et des séléniures.

L'or et les minerais d'or existent souvent disséminés dans une gangue de quartz filonien.

Minerais d'argent

L'argent se trouve à l'état natif ainsi qu'à l'état de minerais sulfurés, et, plus rarement, allié à des métalloïdes de la série du chlore.

Citons : l'argyrose (sulfure d'argent), le kérargène ou clorargente (chlorure d'argent), l'argent antimonial et la galène arsénifère.

Minerais de platine

Le minerai est le platine natif existant à l'état d'inclusions dans

des péridotites et pyroxénites et sous forme de grains dans les alluvions qui en dérivent. Le platine natif de l'Oural est un alliage au titre de 750 à 850 millièmes, associé à du fer, du cuivre et des métaux de la mine de platine, iridium surtout. La proportion de fer est parfois considérable, de l'ordre de 10 %.

En dehors des gisements précédents, le platine natif se trouve dans des ségrégations sulfurées.

Minerai d'aluminium

Le minerai d'aluminium est la bauxite ou hydrate d'aluminium naturel. Elle a été découverte près des Paux, aux environs d'Arles (Bouches-du-Rhône) en 1821, par l'ingénieur des mines Berthier. L'exploitation a commencé en 1873.

Outre son principal usage pour la fabrication de l'aluminium, la bauxite sert à l'industrie des ciments alumineux, des produits réfractaires (briques de bauxite pour revêtement basique des fours), des abrasifs (corindon artificiel) et divers produits chimiques (aluns).

Les terres rares

Ce nom est donné à un groupe important d'oxydes métalliques rencontrés toujours ensemble avec l'urane, le thorium et les éléments radio-actifs (radium, polonium, etc) dans quelques minerais.

E. METAUX

1. Généralités sur les métaux

Définition

Les métaux sont des corps simples qui se distinguent des métalloïdes par l'ensemble de leurs propriétés physiques et chimiques. Au point de vue chimique, ils sont caractérisés par ce fait qu'ils peuvent former, en se combinant à l'oxygène, au moins un oxyde basique. Au point de vue physique, ils ont un éclat remarquable, appelé éclat métallique; ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. A l'état de poussière, les métaux perdent leur éclat : ainsi, le platine pulvérisé est une poudre noire, et le cuivre une poudre rouge terne; ils perdent en même temps leur conductibilité; mais ils reprennent ces propriétés dès qu'en soumettant cette poussière métallique à une forte compression, on lui rend un peu de cohésion.

La distinction des corps en métalloïdes et en métaux, utile à conserver dans l'état actuel de nos connaissances et pour l'enseignement, disparaîtra quand on connaîtra les propriétés chimiques de tous les métaux. L'antimoine se place en effet, par ses propriétés chimiques, à côté de l'arsenic et, par suite, du phosphore et de l'azote. Le titane, le zirconium et l'étain se rangent à côté du silicium et du carbone.

Propriétés générales des métaux

Densité

La densité des métaux est généralement assez considérable.

Platine	22,069	Nickel	8,279
Or fondu	19,250	Cobalt	7,811
Mercure	13,560	Fer en barre	7,786
Plomb fondu	11,352	Fer fondu	7,207
Argent fondu	10,474	Zinc	6,861
Cuivre fondu	8,786		

Notons toutefois : sodium 0,972 et potassium 0,865 (ces deux métaux flottent sur l'eau).

Signalons deux métaux industriels légers : Magnésium 1,750 et Aluminium 2,583.

Ténacité

La ténacité est la propriété que possèdent les fils métalliques de résister à des tractions plus ou moins considérables exercées dans le sens de leur longueur. Cette propriété varie beaucoup suivant les métaux, et pour un même métal elle varie également selon son degré de pureté et son état métallurgique.

Le fer est, de tous les métaux, le plus tenace; après lui viennent, dans l'ordre de leur ténacité décroissante, le cuivre, le platine, l'argent, l'or, le zinc, l'étain, le plomb.

Malléabilité

On appelle ainsi la propriété dont jouissent certains métaux de se réduire en lames ou en feuilles minces par l'action du marteau et du laminoir. L'or est de tous les métaux le plus malléable; après lui viennent se placer l'argent, l'aluminium, le cuivre, l'étain, le platine, le plomb, le zinc et le fer.

Ductilité

Cette propriété se rapporte à la facilité plus ou moins grande avec laquelle les métaux se laissent réduire en fils lorsqu'on les étire en les passant à la filière (1). L'or est encore le métal qui possède la plus grande ductilité; après lui se trouvent l'argent, le platine, l'aluminium, le fer, le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb.

On voit qu'à l'exception de l'or et de l'argent, les métaux les plus

(1) Cet instrument consiste en une plaque d'acier dans laquelle sont pratiqués des trous de diamètres de plus en plus petits, et dont les bords sont amincis.

ductiles ne sont pas en même temps les plus malléables. Ainsi le fer, qui occupe le cinquième rang dans l'ordre de ductilité, ne possède qu'une malléabilité très faible.

Fusibilité

La chaleur peut fondre tous les métaux et en volatiliser quelques-uns. Le tableau suivant donnera une idée des différents degrés de température qu'exigent, pour fondre, les divers métaux.

Tableau de la fusibilité des principaux métaux

Mercure	- 39°	Argent	1000°
Potassium	+ 62	Cuivre	1100
Sodium	95	Or	1250
Étain	228	Fer forgé	1500
Bismuth	264	Nickel	1500
Plomb	335	Cobalt	1500
Zinc	410	Platine	2000
Aluminium	750	Iridium	2300

Conductibilité pour la chaleur et pour l'électricité

Tous les métaux, avons-nous dit, sont de bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. D'après les recherches de MM. Wiedemann et Frantz, les principaux métaux peuvent être rangés, par rapport à leur conductibilité pour la chaleur et pour l'électricité, dans l'ordre indiqué par le tableau, suivant :

Tableau de la conductibilité des principaux métaux pour la chaleur et pour l'électricité

Conductibilité pour la chaleur :

Argent	1000	Étain	145
Cuivre	736	Fer	119
Or	532	Plomb	85
Zinc	190	Platine	84

Conductibilité pour l'électricité :

Argent	1000	Étain	226
Cuivre	733	Fer	130
Or	565	Plomb	107
Zinc	240	Platine	103

Eclat et couleur

Tous les métaux, lorsqu'ils sont agrégés en masses plus ou moins volumineuses, reflètent la lumière avec une grande vivacité et présentent ce brillant particulier que l'on nomme éclat métallique. Réduits en poudre très fine, ils perdent leur éclat et prennent alors une teinte grise plus ou moins foncée; mais il suffit de les frotter dans cet état avec un corps dur et poli, pour leur rendre immédiatement leur couleur et leur éclat primitifs. La plupart des métaux sont blancs ou légèrement grisâtres; quelques-uns cependant, comme l'or, le cuivre, le titane, le tantale, sont diversement colorés.

Tous les métaux sont opaques quand on les regarde sous une épaisseur suffisante; mais ils cessent de l'être à l'état de lames extrêmement minces. Ainsi une feuille d'or battu paraît verte quand on l'interpose entre l'œil et la lumière.

Classification des métaux d'après leurs propriétés physiques et chimiques

1. Métaux communs

- 1° Décomposant l'eau à la température ordinaire : Potassium
Sodium
Calcium
Strontium
Baryum.
- 2° Décomposant l'eau à 100 ° : Magnésium
Manganèse
Métaux des terres rares
- 3° Décomposant l'eau au rouge sombre, les acides étendus à la température ordinaire : Zinc
Fer
Nickel
Cobalt
Chrome
- 4° Décomposant l'eau au rouge vif, les alcalis étendus à la température ordinaire : Tungstène
Molybdène
Étain
Antimoine
- 5° Décomposant l'eau au rouge blanc, oxydes formés à température élevée, ils sont réductibles par la chaleur :
Cuivre
Plomb
Plomb

2. Métaux intermédiaires

- 6° Décomposant à froid les acides et les alcalins volatils :
Aluminium
Aluminium

7° Oxydables à température peu élevée : Mercure
Palladium

3. Métaux précieux

8° Inoxydables à toute température : Argent
Or
Platine
Iridium

II. Produits sidérurgiques

Définitions

Les produits sidérurgiques sont appelés fontes, aciers et fer. Ce sont des alliages impurs de fer et de carbone. Ils renferment notamment du manganèse, du silicium, du soufre et du phosphore provenant des matières premières utilisées ou du revêtement des appareils employés à la préparation.

Si l'on a ajouté intentionnellement un élément afin qu'il subsiste dans le produit final, on donne à ce dernier le nom de fonte spéciale ou d'acier spécial. Par exemple, si le manganèse a été ajouté, on a, suivant la teneur en carbone, une fonte ou un acier au manganèse.

On appelle fonte, un alliage de fer et de carbone renfermant plus de carbone.

On appelle acier, un alliage de fer et de carbone contenant moins de carbone et obtenu à l'état liquide.

On appelle fer, un alliage de fer et de carbone obtenu à l'état pâteux, mais toujours pauvre en carbone.

Fer

Symbole chimique : Fe

Poids atomique : 55,84

Densité : 7,86

Il fond à 1 500° après être passé par un état pâteux qui permet de le travailler facilement au marteau (forgage, laminage) et de le souder à lui-même sans intervention d'autres métaux.

Le fer est facilement attaqué par les agents atmosphériques : il se couvre de rouille.

Fonte brute

La fonte de fer est l'état d'association du fer et du carbone provenant de la fusion des minerais de fer dans le haut fourneau. Indépendamment

du carbone, la fonte contient d'autres substances (silicium, manganèse, soufre, phosphore, etc.) qui proviennent des minerais ou des impuretés du combustible.

La proportion de fer contenue dans la fonte est, en règle générale, comprise entre 90 et 94 %. La teneur en carbone varie de 2,5 à 4 %.

Classification des fontes

On distingue les fontes suivant leur destination en fontes de moula-
ge utilisées à la fabrication des objets en fonte, soit directement à leur
sortie du haut fourneau, soit après refusion au cubilot, et en fontes d'affi-
nage, employées à la fabrication de l'acier ou du fer.

On classe également les fontes d'après l'aspect de la cassure en
fontes blanches, grises, noires ou fruitées.

Ferro-alliages

Les ferro-alliages ne constituent pas des fontes proprement dites, c'est-à-dire des matières d'où l'on extrait le fer ou l'acier. Ce sont des fontes spéciales employées comme addition dans les fonderies et les aciéries; elles servent à épurer, à raffiner ou à améliorer le fer et l'acier. Les ferro-alliages ne sont pas malléables; ils ne peuvent donc se laminier, ni se forger.

Dans les ferro-alliages, l'élément essentiel n'est pas le fer, comme dans les fontes ordinaires, mais un autre métal (manganèse, chrome, vanadium, tungstène, etc.) ou bien encore un métalloïde (silicium, phosphore, etc.). Le fer ne joue dans ces alliages que le rôle de support ou de dissolvant, parce qu'il est trop difficile d'obtenir ces métaux ou ces métalloïdes à l'état pur, ou encore, parce que leur emploi à l'état pur, pour les opérations métallurgiques, est peu pratique et trop peu économique.

Les termes "alliages ferro-métalliques" utilisés pour désigner certains ferro-alliages, s'entendent du groupe des alliages "fer-autre métal"; l'expression "ferro-alliages" plus générale englobe aussi bien les alliages "fer-autre métal" que les alliages "fer-métalloïde".

Parmi les ferro-alliages les plus employés, citons le ferro-manga-
nèse, dénommé aussi fonte Spiegel, lorsque la teneur en manganèse ne dépasse pas une certaine limite; le ferro-aluminium, le ferro-silicium, le ferro-
silico-manganèse (silico-Spiegel), le ferro-silico-mangané-aluminium, le ferro-
titane, le ferro-tungstène (ou ferro-Wolfram), le ferro-molybdène, le ferro-
nickel, le ferro-vanadium, le ferro-tantalé, etc.

La ferraille

Sous le nom de ferrailles, on comprend la ferraille proprement dite ou vieux fer, les mitrailles, tournures, limailles, débris et déchets de fer de fonte ou d'acier unique ou provenant à la refonte, à la mise à la fonte, à l'arrachement aux débris livrés aux hauts fourneaux, à divers usages chimiques.

L'acier

On appelle acier, le fer combiné avec une petite quantité de carbone, et qui acquiert par la trempe (1) une grande dureté. Le fer chimiquement pur, trop altérable et trop peu résistant, est peu employé industriellement. Mais, ses alliages avec le carbone (fonte et acier) sont, au contraire, d'un emploi courant. On les distingue par leur teneur en carbone : l'acier qui a moins de 1,5 % de carbone est malléable; la fonte ne l'est pas.

Classification des aciers ordinaires

On désigne les aciers d'après leur procédé de fabrication : aciers au creuset, qui sont des aciers de qualité, pour les outils ou aciers spéciaux; aciers Bessemer, fabriqués au convertisseur acide; aciers Thomas, fabriqués au convertisseur basique; aciers Martin, obtenus au four Martin-Siemens, qui sont appelés acides ou basiques, suivant que la sole du four est en silice ou en magnésio; aciers électriques, fabriqués au four électrique.

Résistance des aciers

On désigne par R la charge de rupture à la traction. Les chiffres représentent le nombre de kilogrammes, par millimètre carré.

Acier :	R :
Extra-doux	32 à 38
Doux	38 à 45
Demi-doux	45 à 55
Normal	55 à 63
Dur	65 à 75
Très dur	75 à 85
Extra-dur	85 à 95

Aciers spéciaux

Ce sont des aciers de fabrication soignée qui renferment, outre le fer et le carbone, un ou plusieurs autres corps (dits éléments rares) qui leur ont été ajoutés suivant des dosages déterminés, en vue de leur donner des qualités ou propriétés diverses telles que résistance, dureté, rapidité de conductibilité, etc.

(1) La trempe est l'opération que l'on fait subir à certains métaux d'acier, de bronze, de verre, et qui consiste à les refroidir plus ou moins brusquement après les avoir portés à une température assez élevée.

Voici les pourcentages minima de matières d'alliage qui qualifient les aciers comme spéciaux :

Manganèse	2
Silicium	1
Chrome ou tungstène	0,5
Cuivre ou nickel	0,3
Molybdène ou aluminium	0,2
Cobalt, vanadium, titane, bore, uranium, glucinium, (ou béryllium)	0,15

Fers et aciers simplement dégrossis au laminoir

1. Blooms

Le lingot brut, à base carrée, est passé au laminoir blooming, fournissant des produits à section plus ou moins régulière et à angles arrondis : ce sont les blooms.

2. Billetes et largets

Les billetes sont obtenues de la même façon que les blooms mais leur section est plus faible.

Les largets sont des fers ou aciers plats laminés, sans arêtes vives, en plaques étroites ou bandes de 150 à 300 millimètres de largeur.

Les blooms servent à la fabrication des barres marchandes de grosses dimensions; les billetes servent principalement au relaminage des barres marchandes; enfin les largets servent surtout à la fabrication des tôles fines.

Produits laminés

1. Tôles d'acier

L'acier se lamine à chaud. On classe les tôles d'après leur épaisseur en :

tôles grosses : 38 à 8 millimètres;

tôles minces : inférieures à 2 millimètres.

On part, pour leur fabrication, de blooms ou de billetes aplatis appelés brams.

2. Fouillardés

Ce sont des tôles très longues et très étroites dont l'épaisseur varie de 3 mm à 0,03 mm.

3. Profilés

Profilés simples à section ronde, carrée, hexagonale;
Profilés en T, double T, U, cornières à ailes égales ou inégales;
Rails.

4. Fil machine

C'est le plus petit profil rond obtenu par laminage : son diamètre varie de 7 à 4 millimètres. Le fil machine est la matière première de la tréfilerie.

On appelle tréfilage, l'étirage à la filière des fils d'acier (de cuivre, de zinc, de laiton, d'argent, d'or) pour obtenir des fils plus fins de ces mêmes métaux.

III. Métaux non ferreux

Cuivre

Symbole : Cu

Poids atomique : 63,54 - Numéro atomique : 29

Densité : 8,94

Métal de couleur rouge clair; sa dureté et sa ténacité sont grandes; très ductile. Il se laisse étirer en fils très fins. Il peut donner, par le battage, des feuilles tellement minces (faux or mussif) qu'elles deviennent transparentes si on les examine à la lumière solaire. Elles apparaissent alors de couleur verte.

Point de fusion : 1082°,6

Point d'ébullition : 2310°

A l'air sec et à la température ambiante, le cuivre est inaltérable; à l'air humide, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique de cuivre (vert-de-gris ou verdet).

Le cuivre se dissout facilement dans l'acide nitrique (l'acide sulfurique ne l'attaque qu'à haute température).

Usages du cuivre

1. Le cuivre pur est utilisé chaque fois que l'on réclame une conductivité thermique ou électrique élevé : sous forme de planches pour les foyers de locomotive, la chaudronnerie, les constructions navales; sous forme de barres, tubes et fils, dans l'industrie électrique et pour les barres d'entretoise de locomotives. Il n'est pas utilisé du tout sous forme de moulages, car il est difficile d'en réaliser des pièces saines sans porosité.

2. Les usages du cuivre reposent sur sa conductibilité électrique et sa couleur agréable. Il est à noter que les industries électriques absorbent la moitié de la production du métal rouge.

3. Les autres usages concernent: les automobiles, la marine, les engins militaires, les brasseries et distilleries (alambics).

4. Une grande partie de l'outillage à base de cuivre utilise des alliages.

Le laiton (Cu,Zn) sert à la robinetterie, aux tubes. Le bronze (Cu, Sn) aux cloches, aux coussinets des machines. Le cupro-nickel, peu altérable, sert à la vaisselle, à des objets d'ornement. Les maillechorts (Cu,Ni, Zn) et le cupro-aluminium ou "bronze d'aluminium", à l'ornement et aussi à la mécanique. Le cuivre-beryllium (à 3 % Be) améliore beaucoup les propriétés du cuivre.

5. Enfin, certains sels de cuivre ont un emploi très répandu. Tels sont le sulfate de cuivre (qui sert à combattre les maladies de la vigne, à la préservation des blés de semence, aux injections du bois, etc.), les acétates et les arséniates, etc.

Nickel

Symbole: Ni

Poids moléculaire: 58,69 - Numéro atomique: 28

Densité: 8,8

Fusion: 1,452°

Ebullition: 2.000

Métal blanc, grisâtre, brillant, à cassure fibreuse; très ductile; très tenace; peu magnétique; inaltérable à l'air; facile à polir.

Le nickel se dissout difficilement dans les acides chlorhydrique et sulfurique; facilement, au contraire, dans l'acide nitrique.

Dans le commerce, le nickel brut se présente le plus souvent sous forme d'anodes coulées.

Usages du nickel

1. Le nickel est employé dans les alliages et, spécialement, forme les aciers au nickel.

2. Employé en galvanoplastie: nickelage (le métal recouvert est à l'abri de la corrosion).

3. Pièces de monnaie.

Zinc

Symbole : Zn

Poids atomique : 65,38

Numéro atomique : 30

Propriétés physiques

Le zinc est un métal blanc bleuâtre, d'une texture lamelleuse. Il est cassant à la température ordinaire; mais il devient ductile et malléable vers 100°. Si on le chauffe jusqu'à 200°, il devient de nouveau cassant, et on peut alors le pulvériser dans un mortier. Le zinc entre en fusion à la température de 410° et se volatilise au rouge blanc; sa densité varie de 6,86 à 7,21, suivant qu'il a été fondu ou laminé.

Propriétés chimiques

Le zinc peut se conserver sans altération dans l'air ou dans l'oxygène secs; mais il s'oxyde très promptement à l'air humide. Sa surface se recouvre alors d'une couche blanchâtre et très mince d'oxyde et de carbonate de zinc, qui préserve de l'oxydation l'intérieur du métal.

Chauffé au contact de l'air, à une température un peu supérieure à son point de fusion, le zinc prend feu et brûle avec une flamme blanche et très éclatante; il se convertit tout entier en oxyde de zinc, qui se répand dans l'air sous la forme de flocons lanugineux.

Le zinc décompose l'eau sous l'influence de la chaleur; il se dissout rapidement à froid dans les acides sulfurique et chlorhydrique, avec dégagement d'hydrogène et formation d'un sulfate ou d'un chlorure. L'acide nitrique le dissout également et le transforme en nitrate de zinc.

Usages du zinc

1. Les usages du zinc sont fondés sur sa résistance aux agents atmosphériques, sa malléabilité, sur la possibilité de le laminer en feuilles minces.
2. Industrie du bâtiment : galvanisation, couvertures, gouttières.
3. Alliages (laiton, bronze, maillechort) : pièces de moteur, ustensiles domestiques.
4. Couleurs : oxyde de zinc (substitué à la céruse toxique), lithopone (mélange de SO_4Ba et ZnS).
5. Métal de fonderie (objets divers d'ornementation, moulures, etc.).
6. Galvanisation de tôles, de tubes, de fils, de seaux, de bassins, etc.
7. Préparation de l'hydrogène (dans les laboratoires).

8. On utilise aussi le zinc pour précipiter l'or des cuves de cyanuration où le métal précieux des minerais a été dissous.

9. Pharmacie et thérapeutique : oxyde de zinc (affections de la peau); chlorure de zinc (cautérisant); peroxyde de zinc (antiseptique).

Plomb

Symbole : Pb

Poids atomique : 207,21 - Numéro atomique : 82

Densité : 11,35

Fusion : 335°

Métal d'un gris bleuâtre, ordinairement terne, quand il a subi l'action de l'air, mais assez éclatant quand il est récemment coupé. Il est très mou. On sait qu'on peut ployer facilement des lames de plomb d'une grande épaisseur, et que ce métal est facilement rayé, même par l'ongle : frotté sur le papier, il laisse des traces d'un gris métallique.

Le plomb est malléable, mais peu ductile.

Le plomb massif n'est pas attaqué par les acides sulfurique et chlorhydrique (mais bien le plomb finement divisé). L'acide nitrique dissout facilement le plomb à l'état de nitrate.

Toxicité des sels de plomb

Les sels de plomb peuvent déterminer un empoisonnement aigu ou chronique, suivant la dose. L'usage d'eau passant dans des conduites de plomb, de conserves contenues dans des boîtes soudées au plomb, les métiers qui manient le minium, la litharge, la céruse, exposent à ces empoisonnements.

Usages du plomb

1. Les usages du plomb résultent de ce qu'il est mou, ductile, pesant et qu'il possède un bas point de fusion. Ces propriétés permettent la fabrication de feuilles, de tuyaux (notamment pour les câbles électriques), de projectiles (plomb de chasse, balles de fusil).

2. Accumulateurs (dits au plomb), réservoirs résistant aux acides, telles les "chambres de plomb" des usines d'acide sulfurique.

3. Colorants : minium, massicot, litharge, céruse.

4. Plomb tétra-éthyle : antidétonant pour les carburants.

5. Plaques de protection contre diverses radiations (appareils de radiographie, piles atomiques).

6. Caractères d'imprimerie; soudure des plombiers.

Étain

Symbole : Sn

Poids atomique : 118,70 - Numéro atomique : 68

Densité : 7,285

Fusion : 228° - Ébullition : 2.270°

L'étain est un des métaux les plus anciennement connus. Il est presque aussi blanc que l'argent; cependant son reflet est un peu jaunâtre; il produit une odeur désagréable quand on le frotte entre les doigts. Très malléable : on peut le réduire par le battage en feuilles minces. L'étain est peu tenace. Il fait entendre, lorsqu'on le ploie, un bruit particulier, appelé cri de l'étain. L'étain est un des métaux les plus mous et les moins élastiques : aussi n'a-t-il pas de sonorité.

A la température ordinaire, l'étain ne s'altère pas à l'air. Il est inattaquable par les alcalis et les acides faibles (acide acétique, par exemple).

Usages de l'étain

1. Le principal usage de l'étain est la fabrication du fer étamé dit fer blanc qui sert pour les récipients divers, boîtes à conserves alimentaires
2. Nombreux usages dans l'industrie de l'automobile.
3. Tubes souples (pharmacie), clinquants, étamage, alliages blancs, caractères d'imprimerie; bronze, laiton.
4. Vases et ustensiles (ménagers et ornementaux). La poterie d'étain est aujourd'hui remplacée par la poterie céramique.
5. Feuilles minces pour emballage de chocolat, etc.)
6. Soudure des plombiers.
7. L'étain qui recouvre les compteurs des débits de boisson est désigné vulgairement sous le nom impropre et argotique de zinc.
8. Quelques sels d'étain sont employés en thérapeutique.

IV. Un métal léger : l'aluminium

Aluminium

Symbole : Al

Poids atomique : 26,97 - Numéro atomique : 13

Densité : 2,56

Historique. Préparation

L'aluminium a été isolé pour la première fois, en 1827, par Wöhler en décomposant le chlorure d'aluminium par le potassium $Al^2Cl^6 + 6K = 2Al + 6KCl$. Il obtenait de cette façon une poussière grise, prenant sous le brunissoir un éclat métallique. En 1854, Henri Sainte-Claire Deville, reprenant l'étude de ce corps, réussit à l'obtenir industriellement; en faisant agir, dans un four à réverbère, le sodium sur le chlorure double d'aluminium et de sodium avec addition de cryolithe (fluorure double d'aluminium et de sodium), qui, augmentant la fluidité de la matière, permet au métal de se rassembler plus facilement.

On peut aussi extraire l'aluminium de la cryolithe, fluorure double d'aluminium et de sodium, que l'on rencontre en masses épaisses au Groenland; elle se réduit par le sodium comme le chlorure double :



Comme minerai citons la bauxite (hydrate d'Al).

Propriétés physiques

L'aluminium est un métal d'un blanc légèrement bleuâtre, très ductile et très malléable. Sa chaleur spécifique est 0,202. Il est aussi léger que le verre; il pèse 4 fois moins que l'argent. - Sa dureté et sa ténacité sont comparables à celles de ce métal. Il a une sonorité très grande: en frappant sur un lingot suspendu à l'extrémité d'un fil, on obtient un son analogue à celui d'une cloche de verre.

L'aluminium est bon conducteur de la chaleur: il conduit l'électricité beaucoup mieux que le fer. Il fond à 625°. Il n'est pas sensiblement volatil aux températures de nos fourneaux.

Propriétés chimiques

L'aluminium est très peu altérable à l'air, parce que sa surface se recouvre d'une légère couche imperméable d'alumine; l'aluminium battu en feuilles brûle dans l'air au contact d'une flamme; il ne décompose l'eau qu'avec une extrême lenteur, parce qu'il se forme à sa surface une couche d'hydrogène et d'alumine qui intercepte le contact du métal avec le liquide. Il ne noircit pas, comme l'argent, sous l'influence de l'acide sulfhydrique.

Le chlore, le brome et l'iode gazeux le transforme en chlorure, bromure ou iodure d'aluminium. L'aluminium s'enflamme à -20° dans le chlore liquéfié. Au contact du brome liquide à la température ordinaire, il s'échauffe peu à peu, puis s'enflamme et brûle en se déplaçant à la surface du liquide sous le potassium sur l'eau.

Usages de l'aluminium

1. L'usage de ce métal est surtout celui des alliages légers: ce sont des associations avec Cu, Mg, Mn, Ni, Pb, Si, Ti (titane) et Zn.- Aviation, automobile, marine, etc.

2. Le duralumin (Al, Cu, Mg, Si) a une charge de rupture qui peut atteindre 54 kg (donc supérieure à celle de l'acier doux).

3. Feuilles minces pour l'emballage des produits alimentaires, des cigarettes.

4. Emploi de plus en plus fréquent dans l'architecture et les arts décoratifs.

5. L'aluminage consiste à produire un dépôt mince et régulier d'aluminium sur le verre des miroirs.

6. Thérapeutique : l'aluminium est employé localement sous forme de poudre ou de feuille pour cicatriser des ulcérations torpides comme l'ulcère variqueux.

7. La poudre d'aluminium forme avec l'air un mélange explosible.

8. La poudre d'aluminium, obtenue par long battage des tôles que l'écroutissage rend cassantes, sert à préparer les mélanges pour aluminothermie, dits thermites, certains explosifs, des poudres pour éclairs photographiques, des peintures à l'huile.

9. En pyrotechnie (feu d'artifice), on préfère parfois à la poudre la laine d'aluminium, copeaux très fins détachés au tour.

10. Les variétés pulvérulentes, dites bronze d'aluminium, sont formées de paillettes microscopiques teintes, servant à préparer les peintures et laques dites "bronzées".

Aluminothermie

L'aluminium réduit un grand nombre d'oxydes métalliques. Goldschmidt (1900) fut le premier à rendre cette réaction pratique (l'oxyde à réduire est mélangé avec de l'aluminium en poudre; l'amorçage se fait au moyen d'une cartouche facilement inflammable, qui produit une température élevée).

Le métal réduit se sépare en fusion, et une scorie de corindon (artificiel) surnage.

Le mélange aluminium-sesquioxyde de fer (appelé thermitite) réagit en donnant une très haute température : le fer produit entre en fusion; aussi l'emploie-t-on pour souder sur place des rails, des tubes, etc.

v. Métaux précieux

Or

Symbole : Au

Poids atomique : 197,2 - Numéro atomique : 79

Densité : 19,3

Fusion à 1.064°

Très ductile et très malléable. Inoxydable à toutes températures. Résiste aux acides mais il est attaqué par l'eau régale.

Il se dissout dans le mercure.

Usages

Depuis l'antiquité, l'or a été employé pour la fabrication des bijoux, des ornements et pour la frappe des monnaies (aujourd'hui remplacées par des lingots déposés dans les banques centrales).

Rarement employé à l'état pur.

Usages industriels : plaqué or; dorure; fils d'or, sels d'or; prothèse dentaire, etc.

Platine

Symbole : Pt

Poids atomique : 195,23 - Numéro atomique : 78

Densité : 21,5

Fusion à 1.775°

Métal rare d'un blanc d'argent, mou et assez malléable. Inaltérable à l'air, même à haute température; inattaquable par les acides (toutefois, l'eau régale le dissout).

Usages

Bijouterie, joaillerie (parfois additionné de cuivre pour le durcir); appareils de laboratoires (creusets, agitateurs); contacts de magnétes; aiguilles hypodermiques; etc.

Argent

Symbole : Ag

Poids atomique : 107,880 - Numéro atomique : 47

Densité : 10,5

Fusion à 960°

Métal de couleur blanche, sonore, très bon conducteur de la chaleur et de l'électricité.

Il est ductile et malléable.

Le principal emploi de l'argent a été, pendant longtemps, la frappe des monnaies (compromise par la surproduction du métal et sa dévalorisation)

Monnaies divisionnaires et orfèvrerie. Sels d'argent (nitrate, etc). Le chlorure, le bromure et le nitrate (ou azotate) d'argent sont employés en photographie. L'argent colloïdal ou collargol est utilisé en thérapeutique (antiseptique). Il en est de même du nitrate d'argent, sous forme de crayon, comme caustique et cicatrisant. L'oxyde d'argent sert pour la coloration des verres.

VI. Un métal qui se désintègre : l'Uranium

Corps simple métallique, extrait de l'urane.

Symbole : U

Poids atomique : 238,07 - Numéro atomique : 92

Densité : 18,6

Il a l'aspect du fer et possède plusieurs degrés de valence : il peut être tri-, quadri-, penta- et hexavalent. Les composés où il agit comme quadri-valent sont appelés composés uraneux; ceux où il agit comme hexavalent sont appelés composés uraniques, et ce sont ces derniers qui sont les plus stables.

Il existe plusieurs oxydes d'uranium; nous citerons UO^2 (oxyde uraneux, urane, uranyle), considéré longtemps comme le métal de la pechblende ou uranite (oxyde salin d'uranium).

Le radium est un produit de désintégration atomique de l'uranium : il se désintègre lui-même beaucoup plus vite que l'uranium.

L'uranium est la matière première ou combustible des piles atomiques.

C. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

La production mondiale de minerai de fer oscille entre 350 et 430 millions de tonnes. Longtemps les Etats-Unis se sont classés en tête des producteurs mais cette place leur est disputée par l'U.R.S.S. Les autres producteurs sont la France, la Suède, l'Allemagne, le Canada, le Royaume-Uni.

La production mondiale d'acier brut a dépassé, certaines années, 290 millions de tonnes. Celles-ci se répartissent entre les Etats-Unis (100 millions de tonnes), l'U.R.S.S. (54 millions) et la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier (58 à 59 millions).

Dans le domaine des métaux non-ferreux, c'est le cuiivre qui totalise la production la plus importante : 3,5 millions de tonnes qui se répartissent comme suit en pourcentage :

E.U.	27,5 %
Chili	13,6
Rhodésie	12,3
U.R.S.S.	12,0

La production du Congo approche de 250.000 tonnes (7 %).

Le Canada est de loin le principal producteur de nickel : il représente 58 % de la production mondiale (qui approche de 300.000 tonnes). C'est l'U.R.S.S. qui le suit avec 17 %. La Nouvelle-Calédonie est également un producteur important.

Quant à la production mondiale du plomb, elle atteint 2,35 millions de tonnes : Australie (15 %), E.U. (12 %), U.R.S.S. (11 %), Mexique (9 %).

La production de zinc dépasse 3 millions de tonnes (E.U.; Canada; U.R.S.S.).

Parmi les producteurs d'aluminium, citons les E.U. (de loin le plus gros producteur), la France, l'Allemagne, l'Italie, le Royaume-Uni.

Sur 1.120.000 kg de production mondiale d'or, l'Union Sud-Africaine, à elle seule, en extrait près de 500.000 kg. Viennent ensuite l'U.R.S.S., le Canada, les E.U., l'Australie, le Ghana. La production du Congo dépasse 11.000 kg.

Chapitre IV

SILICE ET SILICATES

A. SILICIUM - SILICE ET SILICATES

Silicium

Symbole : Si

Poids atomique : 28,09 - Numéro atomique : 14

Cet élément métalloïde, uni à l'oxygène, est l'une des principales parties constituantes de la croûte terrestre. Il n'existe pas à l'état de liberté sur notre globe, mais exclusivement à l'état d'anhydride silicique SiO_2 et de silicates.

Le sable, le quartz, le cristal de roche, l'améthyste, etc., sont des formes diverses de SiO_2 naturel. Le nombre de silicates est très grand.

Le silicium n'est pas attaqué par les acides sulfurique, nitrique et chlorhydrique mais il se dissout dans l'acide fluorhydrique avec dégagement d'hydrogène.

Anhydride silicique (SiO_2) ou silice

Ce composé se rencontre en masses considérables et sous des formes variées dans la croûte terrestre. Il apparaît à l'état cristallisé sous forme de quartz ou de cristal de roche.

Quartz vitreux

Dans sa variété vitreuse, le quartz présente un coefficient de dilatation très faible : un septième environ de celui du platine. Grâce à cette propriété, l'anhydride silicique vitreux présente une très grande résistance aux variations brusques et violentes de température. Pour cette raison, on l'utilise pour la fabrication d'appareils destinés aux usages chimiques, cette substance étant infusible dans les flammes ordinaires et n'étant attaquable par les oxydes métalliques qu'à température élevée.

Silicates

Ces sels, extrêmement nombreux, sont des composés de la silice, très répandus dans la nature et dont les mélanges constituent les verres, les cristaux, les céramiques, les émaux. Nous nous bornerons aux silicates qui suivent.

1. Silicate de calcium : poudre blanche qui sert dans la préparation

de certains ciments dentaires. Ce sel est important parce qu'il forme l'une des parties constituanes du verre.

2. Silicate de césium : poudre cristalline jaune, employée en céramique.
3. Silicate d'éthyle : liquide incolore, à odeur éthérée, employé pour badigeons pétrifiants.
4. Silicate de manganèse : poudre orangée servant de colorant en céramique.
5. Silicate de plomb : poudre cristalline blanche employée en céramique pour former des glaçures.
6. Silicate de sodium ou verre soluble : employé pour la préparation des lessives de blanchissage, des colles pour cartons, des peintures à l'eau, des savons, des agglomérés de houille. Il sert aussi à durcir les pierres calcaires, à conserver les oeufs, à ignifuger le bois et les tissus.
7. Silicate de potassium (Verre de Fuchs ou liqueur des cailloux) : mêmes propriétés et mêmes usages que le silicate de sodium. Ce dernier, cependant, est de coût moins élevé.

Définition du verre

Le verre est un mélange de silicate alcalin avec le silicate de calcium ou de plomb.

Les silicates alcalins sont solubles dans l'eau, amorphes, et facilement fusibles. Les silicates de calcium, au contraire, insolubles dans l'eau, très difficilement fusibles et souvent cristallisés. En fondant ensemble les silicates de ces deux groupes, on obtient ainsi une masse insoluble, amorphe, transparente, de fusibilité moyenne, qui est le verre.

Dans la plupart des cas, la composition du verre ne diffère que peu de la formule $R^2O, CaO, 6SiO_2$ dans laquelle R est un métal alcalin (sodium Na, ou potassium K). Un verre qui procède exactement de cette formule est nommé verre normal.

Pour fabriquer du verre, on fond, dans des croussets réfractaires, un mélange de sable pur, de chaux et de carbonate de sodium.

B. VERRES ET GLACES

Classification des verres suivant leur composition

1. Verre à base de soude (verre à vitres) : il se compose de silicates de sodium et de calcium; il est facilement fusible et sert généralement à la fabrication d'objets d'usage courant.

2. Verre à base de potasse (verre de Bohême) : c'est un silicate double de potassium et de calcium, très difficilement fusible. Il est très employé pour les usages chimiques (tubes à combustion, etc.).

3. Cristal : c'est un verre formé de silicates de potassium et de plomb; il est moins dur, assez fusible, fortement réfringent et acquiert un bel éclat lorsqu'il est taillé, d'où son emploi pour la fabrication d'objets de luxe, etc. Lorsqu'il renferme beaucoup de plomb, le cristal devient très lourd.

4. Flint glass : ce cristal est également formé de silicates de potassium et de plomb; il est employé pour les besoins de l'optique. Il en est de même du crown-glass, composé de silicates de potassium et de calcium.

Classification douanière et commerciale du verre et des ouvrages en verre

1. Groisil, débris et tessons de verre; verre pilé : il s'agit de matières premières pour la fabrication du verre. On appelle groisil ou grésil, le verre pulvérisé et calcin les débris de glace, de verre.

2. Verre en masse (à l'exception du verre d'optique); verre non travaillé, en barres, baguettes ou tubes : cette position comprend le verre en masse brut (vitrifications brutes), les vitrifications en masse, y compris la glaçure et l'émail en gâteaux ou en baguettes, le verre brut, en forme de bâtons, ainsi que le strass brut. On appelle strass ou stras (du nom de l'inventeur) un verre incolore (silico-borate de plomb) qui imite le diamant et les pierres précieuses.

3. Verre coulé ou laminé en feuilles ou plaques non travaillé :

a) Verre à glace brut : c'est la glace brute obtenue par coulé du verre sur table ou par laminage entre deux rouleaux. Par doucissage, puis par polissage des faces, on en fait de la glace polie (qui est classée sous une autre position). Notons que doucir une glace, c'est la préparer pour le polissage.

Les glaces brutes ont un aspect peu ou pas transparent et sont généralement striées, gaufrées, sablées ou rugueuses, sur une ou sur les deux faces. Elles peuvent être colorées dans la pâte.

b) Verre strié, imprimé, ondulé, cathédrale, martelé et similaires : Le verre imprimé est celui qui porte des reliefs.

Le verre cathédrale présente des inégalités à la surface et est coloré pour rappeler les carreaux anciens.

Entrent dans la présente sous-position, le verre losangé, et le verre prismatique. Il en est de même du verre connu sous les noms de marbrite, de vitrolite ou d'opaxite, dont l'une des faces est lisse et l'autre présente des adhérences pour permettre l'adhérence au moyen d'un ciment.

c) Verre armé : le verre armé ou métallifié renferme, inséré dans l'intérieur de la feuille pendant le coulage ou le laminage, une armature en fils, toile ou treillis métalliques.

4. Verre en feuilles, étiré ou soufflé, non travaillé (verre à vitre). Cette position englobe le verre en feuilles ou plaques, de forme carrée ou rectangulaire, étiré (d'après les systèmes Fourcault, Pittsburgh et Libbey-Owens) ou soufflé, à l'état non travaillé et désigné communément sous le nom de "verre à vitres". Ces verres peuvent être colorés, opales ou opaques.

5. Verre en feuilles ou plaques, travaillé. Citons, parmi les verres travaillés : le verre mat, c'est-à-dire dépoli au jet de sable, à l'émeraude ou à l'acide; le verre mousseliné est un verre particulièrement mat selon dessins; le verre givré et le verre craquelé (dit aussi verre fondillé) présentent des dessins irréguliers, formés par des fissures naturelles; le verre à glace, doux ou poli, est d'une grande pureté de pâte et d'une transparence parfaite; ses faces sont planes et parallèles. Il est utilisé pour les grands vitrages, la miroiterie, les vitrines de magasins, l'ameublement, les hublots de navires, etc.

Citons aussi la marmorite, connue également sous le nom de opaline ou marmor-glass. C'est un verre doux et poli dont la masse a été rendue opaque (teintes blanches, noires, claires ou foncées, unies ou veinées pour rappeler l'aspect de certains marbres). La marmorite remplace le marbre pour les tables de laboratoires et les tables d'opération, les tablettes de lavabo, de fenêtres, de comptoirs, etc. On s'en sert également pour fabriquer des tableaux-réclames et des enseignes.

6. Verre en feuilles, étamé, argenté, platiné; glaces et miroirs. Ce sont les miroirs. Étamé, c'est recouvrir (la face interne d'une glace) d'un amalgame d'étain et de mercure. Quant à l'argenture, c'est la couche d'argent (amalgame, feuille, pâte...) que l'on applique sur un corps (métal, verre) pour lui donner l'apparence, l'éclat de l'argent. Platiné, c'est recouvrir d'une mince couche de platine; on platine les glaces. Enfin, on appelle glace une plaque de verre ou de cristal de notable épaisseur, employée à divers usages, selon qu'elle est ou non étamée.

7. Verres et glaces de sécurité. Le verre et les glaces de sécurité sont formés de deux ou plusieurs feuilles entre lesquelles on a intercalé des feuilles de cellulose, de cellophane ou similaires. Certains verres de sécurité sont formés d'une seule feuille, obtenue par le durcissement du verre étiré ou des glaces.

8. Tuiles, dalles, pavés et carreaux de revêtement, en verre coulé ou moulé, même armé. Ces articles peuvent être travaillés sur les bords, ou combinés avec un cadre de métal ou en béton.

9. Bouteilles, bonbonnes et flacons en verre non travaillé.

10. Ampoules en verre pour lampes et valves électriques. Cette position s'applique aux ampoules de toute forme, donc aussi à celles en forme de tubes.

11. Articles d'éclairage et leurs parties ou accessoires, en verre, non dénommés ni compris ailleurs. Exemples : lustres, candélabres, girandoles, flambeaux, chandeliers, bougeoirs, lampes et corps de lampes et leurs parties telles que branches, bobèches, bougies fausses, etc.; cheminées en verre pour lampes au gaz, au pétrole, à l'huile, à l'acétylène, etc.; réflecteurs.

tulipes, abat-jour, globes et tous articles similaires, de forme très diverse, dont on munit les appareils d'éclairage pour en distribuer, réfléchir ou tamiser la lumière; cabochons utilisés dans la construction des feux de position, de phares de vélos, de poteaux de signalisation, etc.; les verres bombés pour phares d'automobiles; globes en verre pour lampes électriques à arc.

12. Verrerie spéciale et objets en quartz fondu ou en silice fondue, pour laboratoires et usages scientifiques. Il s'agit de la verrerie de forme spéciale pour laboratoires. Ces objets peuvent être gradués et jaugés. Exemples : capsules d'évaporation, vases à filtration, flacons à dégagement, robinets, éprouvettes, tubes à essai, cornues, entonnoirs.

13. Objets en verre soufflé ou pressé, non dénommés ni compris ailleurs. Cette position comprend notamment le crystal, c'est-à-dire aussi bien le verre fin à la potasse ou au plomb et autres verres fins similaires (acceptation courante en Belgique et en France), que des verres taillés de façon spéciale (acceptation du terme en Allemagne et en Tchécoslovaquie : Kristalschliff).

14. Bouteilles d'autres récipients isolants; bouteilles et flacons revêtus de cuir, feutre, métal, etc. En plus des récipients isolants, la présente position comprend les bouteilles et flacons de chasse et de voyage. Les ampoules non assemblées, pour la confection de bouteilles isolantes, sont également comprises sous cette rubrique.

15. Verreries (perles en verre, pierres à bijoux, pièces de lunetterie et similaires); verre pilé et laine de verre. Les grains percés sont généralement appelés dans le commerce rocailles, rassades, grains à canif et charlottes. Ils servent à faire des colliers, des chapelots, des ouvrages de broderie et de tricot. Les pierres à bijoux sont des vitrifications taillées en brillants, en roses ou de toute autre manière, et imitant les pierres précieuses (topaze, émeraude, diamant, etc.).

16. Ouvrages en verrerie. Par exemple : les colliers de vitrifications ou de perles montées, les stores et portières japonais, formés de vitrifications, les franges en vitrifications pour abat-jour, les camées, les garnitures de vêtement, les ornements pour chapeaux, etc.

17. Autres ouvrages en verre. Citons : les yeux artificiels en verre, aussi bien ceux pour hommes que ceux pour animaux empaillés et poulpes; les lettres en verre, les articles-souvenirs avec des vues, ainsi que les vitrages isolants thermiques ou acoustiques, composés soit de deux feuilles de verre séparées par de la soie de verre, soit de deux ou plusieurs feuilles à écartement uniforme.

C. GOBLETERIE ET CRISTALLERIE

Gobleterie

La gobleterie comprend non seulement toute la verrerie de table mais aussi la flaconnerie (verrerie de toilette, verrerie de pharmacie) et même la verrerie de laboratoire.

Le verre, dont elle fait usage, diffère peu, comme composition, du

verre à vitres, sauf que la soude y est souvent remplacée, en partie, par de la potasse. On le différencie en verre blanc, fait de matières de premier choix, et employé surtout pour les carafes, burettes, flacons à liqueurs, etc; on verre demi-blanc, qui sert à la gobeloterie commune, et on verre à pivotte, réservé aux bouteilles et fioles de pharmacie et à la verrerie de laboratoire.

Les bouteilles et flacons jadis soufflés dans des moules, à la canne, le sont aujourd'hui à la machine.

Les ustensiles, qui composent la gobeloterie, sont soufflés à la canne ou à l'air comprimé, moulés, façonnés et modelés à chaud.

Cristallerie

Le nom de crystal était autrefois exclusivement réservé aux objets taillés ou gravés en crystal de roche ou quartz hyalin. Ce n'est que vers le XVIe siècle que cette dénomination fut étendue aux produits les plus parfaits de l'art du verrier. C'est ainsi que les produits des célèbres verreries de Murano étaient connus sous le nom de crystal de Venise ou de verre cristallin. Aujourd'hui encore, certains verres de Bohême sont improprement appelés cristaux de Bohême. Le nom de crystal doit être réservé au verre à base de plomb et de potasse que les Anglais commencèrent à fabriquer dans la seconde moitié du XVIIIe siècle et qu'ils désignèrent sous le nom de flint glass (verre de silice). On a essayé de substituer au plomb certains métaux, comme le zinc et le bismuth, et, par extension, on a donné à ces nouveaux verres le nom de crystal. Le verre à base de plomb est principalement employé à la fabrication de la gobeloterie fine, des vases d'ornement, des verres d'optique, des imitations de pierres précieuses (strass) et des couleurs vitrifiables employées à la décoration du verre, de la terre cuite et des métaux.

D. CERAMIQUES

Définition

La céramique est l'art de confectionner, avec l'argile comme base, des matériaux de construction (briques, tuiles, etc.), les ustensiles domestiques et les objets purement décoratifs. Autrement dit, la céramique (du grec koramikos, de kèramon, argile) est l'art du potier.

L'art du potier

L'art du potier met à profit la plasticité des argiles pour donner aux objets la forme que réclame leur destination; par la cuisson, cette argile acquiert de la dureté; elle n'est plus susceptible de se délayer dans l'eau, de faire pâte avec elle; elle constitue alors ce que l'on a convenu d'appeler terre cuite. Mais la dureté des argiles cuites n'est que relative, et leur fusibilité ne permet pas de les cuire à une température très élevée. On a donc été obligé d'introduire dans la pâte un élément silicieux infusible, qui, permettant de cuire à plus haut feu, donne des produits plus résistants que l'on comprend habituellement sous le nom de faïence. Quand la pâte de la faïence est blanche et dure, elle reçoit le nom de faïence fine. Si par une

cuisson à une température plus élevée, on est arrivé à détruire la perméabilité des produits énumérés ci-dessus, on aura fabriqué des grès, qui suivant la couleur de la pâte et sa plus ou moins grande finesse, se distinguent en grès fins et grès communs. En employant les argiles les plus pures (kaolin) associées à un élément fusible (feldspath), on est conduit aux produits à pâte dure, blanche, ne happant plus à la langue et caractérisés par leur translucidité; le nom de porcelaine leur est réservé.

On appelle lustre, la glaçure très mince qui recouvre certaines poteries antiques; verniss, l'enduit plus épais et à base de plomb qui couvre certaines poteries communes; émail, la composition vitreuse transparente ou opaque qui enduit la faïence, et qui, colorée par des oxydes métalliques, vient masquer la coloration propre de la pâte.

Les faïences à pâte blanche peuvent être recouvertes d'un émail transparent auquel le nom de couverte est habituellement appliqué. L'engobe (nom masculin) est une couverte qu'on applique sur la pâte céramique pour en masquer la couleur naturelle.

Classification

a) Poteries poreuses

1° Poteries à pâte perméable, plus ou moins colorées en rouge : terres cuites, poteries vernissées à glaçure silico-alkaline ou plombifère, faïences stannifère (qui contient de l'étain) recouverte d'émail opaque à base d'oxyde d'étain masquant la couleur de la pâte.

2° Poteries à pâte perméable blanche et fine, cuisant à plus haute température et recouvertes d'un émail transparent : faïences fines, cailloutage (faïence fine faite d'argile et de silox ou de quartz pulvérisé), terre de pipe.

3° Produits réfractaires, résistant aux hautes températures : briques, cazottes ou cassettes (étuis en terre réfractaire cuite dans lequel on place les pièces en faïence ou en porcelaine pour les protéger de l'action directe du feu pendant la cuisson), cornues, etc.

b) Poteries imperméables

1° Les grès cérames, à pâte dure et opaque.

2° Les porcelaines dont la pâte est dure, blanche, translucide : porcelaines dures à pâte et à couverte feldspathique ou feldspathico-calcaires; porcelaines tendres dont la pâte contient un fondant artificiel ou phosphatique et dont la couverte est plombée.

Matière première : les argiles et les feldspaths

L'argile est formée en grande partie de silicate d'aluminium hydraté. Pure, elle est blanche et constitue le kaolin.

Impure, elle présente des colorations variées : rouge, lorsqu'elle

renferme de l'oxyde de fer; jaune ou brun, lorsqu'elle contient de l'hydroxyde de fer; noire, quand ses impuretés sont des particules charbonneuses. Elle est parfois chargée de pyrite en état de division extrême; elle est alors dite pyritifère ou alunifère, parce que, dans ce cas, elle a été souvent employée pour la fabrication de l'alun.

L'argile plastique ou terre glaise a la propriété de donner, mélangée à l'eau, une pâte qui se moule très bien.

L'argile smectique ou terre à foulon ne fait pas pâte avec l'eau; elle a la propriété d'absorber les corps gras, et cette propriété la fait employer pour le dégraissage des draps.

L'argile forme des couches imperméables, qui donnent naissance à des nappes aquifères.

La silice, en se combinant à des oxydes de métaux légers (aluminium, potassium, sodium, calcium) donne des feldspaths.

E. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Verrerie

Le verre à vitres est une des spécialités de la Belgique, qui exporte les neuf dixièmes de sa production. Celle-ci occupe une nombreuse main-d'oeuvre: Lodelinsart, Gilly, Houdeng, Mol, Zeebrugge (cette dernière verrerie est équipée du plus grand four à verre d'Europe).

La verrerie à bouteilles est pratiquée à Jumet, Merksem, Hemiksem, Mol et Vilvorde. La gobeletterie et la cristallerie belges sont renommées: Mons, Charleroi, Soignies, province de Liège (Cristallerie du Val-Saint-Lambert). La flaconnerie est établie à Momignies.

Notre pays est le premier exportateur mondial de verres à vitres et de glaces polies. Parmi les autres pays producteurs de verre, nous citerons: l'Allemagne; la Tchécoslovaquie (verre de Bohême); la France (cristallerie et gobeletterie de Baccarat); les Etats-Unis, etc.

Céramiques

Nous citerons quelques pays producteurs:

France

- Quelques régions se sont fait une spécialité de la fabrication de la poterie commune: l'Alsace, les Vosges, la Seine, etc.
- Les carreaux de terre cuite sont fabriqués dans les régions de Beauvais et de Marseille.
- Les principaux départements producteurs de faïence sont le Nord, la Moselle, la Meurthe-et-Moselle, la Seine, la Saône-et-Loire, le Loiret.
- Quant aux centres principaux de l'industrie de la porcelaine, on les rencontre en Haute-Vienne, dans le Cher, la région parisienne, etc. Citons surtout Sévres avec sa Manufacture Nationale de porcelaine.

Angl e t t e r r e

- La région des Midlands, district des "poteries" avec Stoke-on-Trent, est spécialisée depuis longtemps dans cette industrie.

La faïence est florissante aux Pays-Bas (Delft), au Danemark (Copenhague), en Italie (Faenza), aux Etats-Unis (Elgin).

A l l e m a g n e

- Citons les Manufactures de porcelaine de Charlottenbourg et de Meissen (Saxe).

Enfin, voici quelle est la situation pour la B e l g i q u e :

- Vaiselle de faïence: La Louvière et Saint-Ghislain.
 - Produits réfractaires. Baudour, Tentre, Saint-Ghislain, Hautrage, Châtelet, Andenne, Amay. (Notons que nous importons de grandes quantités d'argile d'Allemagne, des Pays-Bas, de France et du Royaume-Uni.)
 - Carreaux de pavement: notamment à La Louvière, Hemiksem, Bouffioulx, Florennes.
-

Chapitre V

M A T E R I A U X C A L C A R E U X

A. LE CALCAIRE

Le calcium

Métal; symbole Ca.

Poids atomique: 40,08.

Numéro atomique: 20.

Le calcium est l'un des dix éléments dont se compose principalement l'écorce terrestre.

Le carbonate de calcium se rencontre en gisements considérables sous forme de Pierre calcaire, de spath calcaire, d'aragonite (ou arragonite), de marbre, de craie. La terre végétale qui contient une quantité notable de carbonate de calcium porte le nom de terre marneuse. Les silicates de calcium et notamment les silicates doubles forment la majeure partie des roches siliceuses. Le phosphate de calcium se rencontre dans la phosphorite, l'apatite, etc., le sulfate de calcium sous forme de gypse et d'albatre. De grandes quantités de calcium se trouvent aussi dans le règne animal; les os et les dents de l'homme et des animaux sont essentiellement composés de chaux phosphatée et carbonatée. Les coquillages, de même que les coquilles d'œufs, sont formés de carbonate de calcium. Les cendres de végétaux renferment également des composés de calcium.

L'oxyde de calcium (CaO) s'appelle chaux vive; la chaux éteinte est l'hydrate ou hydroxyde de calcium (Ca (OH)²).

Le ciment contient, à côté de la chaux (50 à 60 %), principalement de la silice (24 % environ) et de l'alumine (8 % environ). Chauffé, le bioxyde de calcium (CaO², 5H²O) dégage de l'oxygène.

Le mélange de chlorure de calcium (CaCl²) cristallisé, et de glace, produit un abaissement considérable de température (-48° C) : il constitue l'un des mélanges réfrigérants. Le fluorure de calcium (CaF²) existe dans la nature sous forme de spath fluor ou fluorine, minéral qui présente souvent une belle phosphorescence.

En déshydratant le sulfate de calcium ou gypse (SO⁴Ca + 2H²O) à une température modérée, on obtient un semi-hydrate instable appelé gypse calciné ou plâtre.

Mélangé au gypse, le phosphate monocalcique constitue l'engrais chimique connu sous le nom de super phosphate de chaux.

Le silicate de calcium constitue l'une des parties constituant du verre (voir chapitre IV).

Les roches calcaires

Elles appartiennent aux roches organo-gènes constituées par des débris d'animaux ou de végétaux. D'après leur origine, animale ou végétale, on les divise en roches zoogènes (du grec zôon, animal) et en roches phyto-gènes (du grec phuton, plante, et génos, génération).

a) Calcaire zoogène

Le calcaire est la roche zoogène de beaucoup la plus importante. Il est formé par du carbonate de calcium souvent mêlé à des impuretés. Les calcaires sont extrêmement variés.

On peut les classer:

- 1° D'après la nature des animaux qui leur ont donné naissance: calcaires à fusulines, à nummulites, à crinoïdes (ex. "petit granit" de Soignies et des Ecaussinnes); calcaires coquilliers, etc.
- 2° D'après leur texture:
 - a) Calcaires cristallins: calcaires; Saccharoïdes (qui rappellent le sucre, ex. marbre de Carrare); Cipollins (traversés par des veines de mica); Marbres (diversement colorés par des impuretés).
 - b) Calcaires amorphes: calcaires lithographiques (à grains très fins), calcaires oolithiques (à petits grains sphériques); calcaires grossiers (poreux, à grains irréguliers).
- 3° D'après la nature des impuretés contenues dans le calcaire: calcaires argileux, bitumineux, etc.

b) Calcaire phytogène

Certaines algues appelées algues calcaires ont la propriété de fixer le carbonate de calcium et de former, par leur accumulation, des calcaires phytogènes.

Importance du calcaire en agronomie

Le calcaire est l'élément minéral le plus important en agronomie: aucune terre n'est fertile si elle en est complètement dépourvue. C'est du carbonate de chaux. Non seulement le calcaire entre dans l'alimentation des plantes, mais encore il désacidifie les terrains acides qui sont impropres aux cultures tant que le principe acide n'est pas neutralisé. Le calcaire aide à la nitrification, c'est-à-dire à la formation des nitrates, phénomène de la plus grande importance dans l'alimentation des plantes, car c'est sous forme de nitrates que l'azote est assimilé par les végétaux.

Marne

La marne est composée d'un mélange de carbonate de chaux et d'argile, jouissant de la propriété de se déliter à l'air à la suite des alternances de sécheresse et d'humidité. Elle possède à la fois les propriétés de l'argile et celle du calcaire; elle est onctueuse au toucher, elle se délite à l'air et fait effervescence avec les acides. On trouve des marnes calcaires, contenant de 50 à 95 % de carbonate de chaux - d'autres sont argilieuses, et renferment seulement de 10 à 50 % de carbonate de chaux. Enfin, les marnes siliceuses accusent à l'analyse 40 à 75 % de sable.

On réserve les marnes argilieuses à l'amendement des terres siliceuses et vice-versa.

Faluns

Les faluns sont constitués par des coquilles fossiles, friables, le plus souvent brisées: elles sont de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre suivant la quantité d'argile et de fer qu'elles renferment. On les utilise pour l'amendement des terres.

Les falunières sont exploités comme les marnières; toutefois, les carrières reposent sur des fonds d'argile et les eaux doivent être enlevées au moyen de pompes.

Le falun s'emploie comme la marne; les coquilles sont disposées sur le sol par petits tas laissés à l'air pendant quelque temps, puis on les répand à la pelle et l'enfouissement se fait par un labour.

Maërl

Le maërl, ou morl ou marl, est un engrais marin qui se présente sous forme de concrétions calcaires. En France, il est réparti sur le littoral des Côtes-du-Nord et du Finistère. Le maërl a pour origine une sécrétion de carbonate de chaux produite dans la mer par des algues qui s'entourent de carapaces calcaires. Le maërl est dragué à marée basse, chargé sur des gabares et déposé sur les quais où les cultivateurs viennent en prendre livraison.

Craie

La craie est un calcaire friable, blanc, traçant, formé de tests de foraminifères (animaux protozoaires recouverts d'une coquille), de débris de coquilles, mêlés à des matières terrigènes (se dit des dépôts marins dont les éléments sont dus à des apports de provenance continentale).

La craie est employée comme pierre à chaux et comme pierre à ciment. Sous le nom de blanc de Meudon, blanc d'Espagne, elle sert à nettoyer les ustensiles de ménage, les glaces et vitres, à blanchir les chaussures de toile, etc.

La marno est un mélange intime de craie et d'argile, dans lequel

la proportion d'argile est supérieure à 20 %. Il y a tous les passages de la craie à la marno, de la marno à l'argile. La marno est, comme l'argile, une roche imperméable.

Térrésino

On donne ce nom à un mélange de calcaire, soufre et goudron, imaginé par Busse, pour remplacer l'asphalte dans le revêtement des chaussées.

B. C H A U X

Chimie de la chaux

La chaux pure constitue l'oxyde ou protoxyde de calcium CaO ; elle est très répandue dans la nature à l'état de combinaison. La craie, le marbre, le spath d'Islande et tous les calcaires sont formés de carbonate de chaux plus ou moins pur; le gypse ou pierre à plâtre est du sulfate de chaux cristallisé; on la rencontre aussi à l'état de phosphate et de silicate. Elle ne peut pas exister libre à la surface de la terre, car elle absorbe promptement l'acide carbonique de l'air. Les écrits des anciens, ainsi que l'analyse des débris de leurs constructions, nous prouvent qu'ils connaissaient la chaux, ainsi que ses plus importantes applications.

Dans les laboratoires, on obtient de la chaux presque pure en calcinant du marbre blanc ou du spath d'Islande dans un creuset réfractaire. Au rouge vif, la décomposition est lente, parce que la masse se trouve bientôt enveloppée d'une atmosphère d'acide carbonique, mais si la décomposition se fait dans un tube de porcelaine dans lequel on dirige de la vapeur d'eau, ou un gaz inerte, elle se fait rapidement. Dans l'industrie, on l'obtient en grand en calcinant, dans des fours à chaux, de grosses pierres de calcaires (craie ou pierre à chaux quelconque), qu'on a, au préalable, légèrement mouillées. La chaux ainsi obtenue est d'un blanc sale, plus ou moins grisâtre, ayant conservé, à peu près, l'aspect, la forme et le volume du carbonate dont elle provient.

Propriétés de la chaux

La chaux, comme on la prépare dans les laboratoires, est blanche, très caustique, fort peu soluble dans l'eau. Il faut huit cent parties d'eau pour en dissoudre une de chaux. Elle présente cette particularité assez rare d'être moins soluble à chaud qu'à froid, c'est ce qui fait que l'eau de chaux (dissolution de chaux dans l'eau) se trouble quand on la chauffe. La chaux est fortement alcaline, elle ramène au bleu le tournesol rougi, et perd la teinte de violette; elle est infusible et indécomposable par la chaleur. Quand elle vient d'être préparée, c'est-à-dire quand elle est complètement anhydre (dépourvue d'eau) elle est dite chaux vive; si dans cet état on l'arrose d'un peu d'eau, elle s'échauffe considérablement au terme de quelques instants, parfois jusqu'à 300° . Une partie de l'eau passe en vapeur, la chaux augmente considérablement de volume, elle foisonne et tombe en poussière, elle se délite; il se forme alors un hydrate de chaux $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ appelé chaux éteinte. Cet hydrate est peu stable; à la température rouge il abandonne la totalité de son eau, on obtient une liqueur blanche d'aspect

laitoux, c'est le lait de chaux. En laissant déposer ou en filtrant le lait de chaux, on obtient une eau incolore, transparente, saturée de chaux, qui, évaporée dans le vide, abandonne des cristaux octaédriques incolores d'hydrate de chaux. L'hydrate de chaux, exposé à l'air, se recouvre rapidement d'une couche solide formée de petits cristaux de carbonate de chaux hydraté.

Chaux aérienne et chaux hydraulique

Dans l'industrie, on donne le nom de chaux au résultat de ^{la} cuisson des calcaires. C'est en général un mélange à proportions très variables de chaux pure, d'argile, d'oxyde de fer et de sable, suivant la nature des matériaux employés. Les calcaires purs, tels que le spath calcaire, l'aragonite, le marbre blanc de Carrare, la craie, donnent de la chaux presque chimiquement pure; mais ces substances étant d'un prix élevé, on emploie de préférence les calcaires grossiers plus communs, et par conséquent, moins chers, connus sous le nom de pierres à chaux. Certaines variétés de calcaire donnent de la chaux presque pure, que l'on désigne sous le nom de chaux aérienne; d'autres, au contraire, donnent des chaux plus ou moins impures, mais possédant souvent des propriétés très précieuses; ce sont les chaux hydrauliques, remarquables par les propriétés qu'elles possèdent de durcir sous l'eau après avoir été éteintes. Ce phénomène est dû à la présence de quantités plus ou moins considérables d'argile.

Les chaux aériennes, qui doivent ce nom à la propriété qu'elles possèdent de ne durcir qu'à l'air, se divisent en chaux grasses et en chaux maigres. Les chaux grasses s'obtiennent par la cuisson du marbre blanc ou de certains calcaires ne renfermant que très peu de matières étrangères; elles foisonnent beaucoup lorsqu'on les éteint. Les chaux maigres, dans les mêmes conditions, foisonnent très peu. (Foisonner, c'est augmenter de volume: la chaux mouillée foisonne). Elles sont obtenues au moyen de calcaires mélangés de sable, de magnésite, d'oxyde de fer ou de manganèse, mais ne renferment que peu ou point d'argile.

On classe les chaux hydrauliques suivant leur degré d'hydraulicité (que l'on a mesurée sur les mortiers et des ciments hydrauliques) en chaux éminemment hydrauliques, si la prise a lieu du deuxième au sixième jour; chaux moyennement hydrauliques, lorsque la prise ne se fait qu'au sixième au neuvième jour; après quatre à cinq mois, sa consistance sera celle que prend à l'air une pâte artificielle d'une bonne consistance. Une chaux est faiblement hydraulique lorsque sa prise n'a lieu que du neuvième au quinzième jour.

Voici un autre classement:

- 1) Chaux hydraulique de première qualité: début de prise, jusqu'à douze heures; fin de prise jusqu'à trente-six heures.
- 2) Chaux hydraulique de seconde qualité: durcissement sous l'eau d'une pâte de chaux pure, suffisant au bout de sept jours pour pouvoir supporter la pression du pouce et de ne pas subir de désagrégation notable sous l'effort de six heures de cuisson dans l'eau bouillante.

Aujourd'hui on a complètement abandonné la fabrication de la chaux hydraulique artificielle.

Diverses couches géologiques sont aptes à fournir les matières premières pour la fabrication de la chaux hydraulique naturelle.

Usages de la chaux

1. Chaux aérienne:

- Confection de mortiers sablonx (abandonnée aujourd'hui en très grande partie);
- Chaulage des terres. (Chauler des terres, c'est répandre de la chaux en poudre pour les rendre poreuses et fertiles);
- Epuration des eaux;
- Castine, dans les aciéries, etc. (La castine est une pierre calcaire que l'on mélange au minerai de fer pour en faciliter la fusion)

2. Chaux hydraulique

- Utilisée dans la construction.

C. CIMENT ET BETON

a. Ciment

Notion

On appelle ciments des corps solides qui, mélangés avec de l'eau, forment une pâte faisant prise et durcissant à l'air ou à l'eau en un laps de temps plus ou moins long. Suivant la rapidité à laquelle ils durcissent, on les dénomme ciments à prise rapide et ciments à prise lente.

Les ciments s'obtiennent par la calcination des terres contenant soit naturellement, soit par suite de mélange, du carbonate de chaux, de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de fer, etc.

La chaux hydraulique pourrait être confondue avec des ciments à prise lente; il est à remarquer que le poids spécifique de la chaux non tassée est de 0,500 à 0,900, tandis que celui du ciment, posé dans les mêmes conditions, dépasse 1,000.

Les terres de pouzzolane, de santorin, de trass sont parfois dénommées improprement ciments naturels. Ce sont, en fait, des produits apparentés par leur composition (ils sont constitués principalement de silicates) et général d'origine volcanique, qui, mélangés avec de la chaux donnent le ciment de pouzzolane.

Evolution des matériaux de construction de 1880 à nos jours

La chaux était jadis la base de tous les mortiers entrant dans les maçonneries, le ciment n'était employé que pour des travaux exceptionnels. De plus en plus il s'est substitué à la chaux hydraulique.

On sait le fabriquer de façon que sa prise ne commence qu'au bout

d'une heure et demie, ce qui permet son transport sur le chantier et son emploi sans difficulté; mais la prise une fois commencée, le durcissement peut être assez rapide pour qu'en quelques jours le mortier ou le béton ait acquis une résistance qui n'était réalisée, il y a vingt ou trente ans, qu'au bout de plusieurs mois: c'est ce qu'on appelle des superciments, permettant une exécution rapide et procurant des économies de coffrage.

Les ciments Portland avaient permis d'obtenir des résistances à la compression en béton ou en mortier, croissant en progression grossièrement géométrique de 7 à 28, à 84 et à 365 jours.

Aujourd'hui on réalise en trois jours les anciennes résistances des bétons à trois mois, mais les résistances finales ne se sont pas élevées proportionnellement.

Les ciments alumineux, inventés par Bied en suivant une idée de Vicat, en même temps qu'ils réalisent pratiquement des produits indécomposables par l'eau de mer et les sulfates, donnent des résistances encore plus élevées que le ciment ordinaire.

Des recherches ont été effectuées en vue de réaliser de nouveaux types de ciment à base de chaux et de pouzzolane.

Les différents ciments

1. Le ciment du commerce des matériaux de construction, préparé en calcinant des mélanges argilo-calcaires, est un silicate d'alumine et de chaux: on le nomme ciment naturel s'il provient de marnes ayant exactement la composition voulue, ou ciment artificiel (ciment Portland ou portland) s'il provient de mélanges préparés.

2. Des produits de variétés un peu différentes sont dénommés selon la nature des matières, ciment de galets, ciment de pouzzolane, ciment de trass.

3. Le ciment romain est analogue mais contient plus de chaux libre.

4. Certaines variétés dont la chaux est remplacée par la magnésie sont dits ciments dolomitiques.

5. Les ciments de même genre, mais très alumineux et calcinés très fortement, durcissent beaucoup plus vite; ils sont dits ciments électriques (ciment alumineux, ciment fondu, superciment).

6. Le superartificiel est analogue au portland, mais son durcissement est plus rapide.

7. Selon la nature des matières premières mises en oeuvre, on distingue aussi les ciments blancs fait avec des argiles non ferrugineuses, le ciment-gris, fait avec la silice naturelle de ce nom, les ciments de granité, faits avec des résidus de fours à chaux, les ciments de laitiers ou portland métallurgiques, faits avec des sous-produits de hauts fourneaux: tous ces produits sont analogues au portland.

Usage

Les ciments sont utilisés en construction immobilière pour la préparation des mortiers et bétons.

b. Béton

Béton ordinaire

On donne le nom de béton à un mélange fait en proportions convenables de mortier et de pierres ou de cailloux. La grosseur de ces derniers ne dépasse généralement pas celle d'un oeuf.

Pour préparer un béton, on gâche d'abord le mortier, puis on lui mélange les pierres cassées. Cette préparation peut se faire à bras ou à l'aide de machines.

Lorsque le béton a fait prise, toute la masse forme une sorte de monolithe très solide, beaucoup plus résistant que les maçonneries ordinaires. La facilité de son emploi le fait rechercher pour un grand nombre de travaux.

Béton gras et béton maigre

Le béton est dit gras ou maigre suivant la proportion de mortier (chaux et sable) qu'il contient. Les bétons ordinaires ont une composition intermédiaire.

Le béton gras (0,50 m³ à 0,55 m³ de mortier par mètre cube de béton) convient pour la construction des radiers, réservoirs, égouts, etc. soumis à une forte pression.

Le béton maigre (0,30 m³ à 0,40 m³ de mortier par mètre cube de béton) convient pour les massifs et fondations en terrains mouvants.

Béton armé

C'est un béton renforcé par des tiges de fer ou d'acier, qui présente une grande résistance en réunissant (d'une manière rationnelle et économique) les résistances propres du béton et de l'acier.

Les fers pliés aux extrémités, et unis entre eux, sont complètement noyés dans la masse du béton.

Le béton armé possède une qualité inestimable: c'est sa durée parce qu'il échappe à la rouille qui détruit tôt ou tard les constructions métalliques.

Béton vibré ou parvibré

Il possède une compacité supérieure de 10 % à celle du béton ordinaire; il est plus étanche et plus homogène. Sa densité est plus grande. Il permet un décoffrage plus rapide.

Béton désaéré

Un des principaux effets de la vibration est l'élimination de l'eau et de l'air contenus dans la masse. Des procédés récents ont tenté de réaliser le malaxage dans une atmosphère raréfiée.

Béton moulé

Le béton aggloméré ou moulé, ou pierre factice sert à la confection des voûtes, de statues, de dallages, etc.

Béton translucide

La combinaison du verre moulé en petits pavés prismatiques et du béton armé a fourni à la construction une application très intéressante, en permettant la construction de cloisons, plafonds et parquets translucides, atteignant une luminosité de 95 à 98 %, d'une grande solidité, permettant de réaliser les hardiesses de l'architecture moderne.

Béton précontraint

Le béton précontraint est obtenu par une technique particulière permettant d'utiliser un moindre volume de béton, pour des résistances plus fortes.

Applications du béton armé

- Charpentes, poutres, hourdis.
- Edifices publics; escaliers; conduites et réservoirs; ponts; barrages; canaux; écluses; hangars; routes; etc.

D. SABLE ET MORTIER

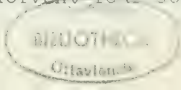
a. Sable

Sables

Les sables sont formés de grains de silice de grosseur variable, séparés les uns des autres. Ils proviennent de la désagrégation des roches éruptives sous l'action des agents atmosphériques.

D'après la grosseur des grains, on distingue: les sables fins, dont les grains peuvent passer dans des trous de un millimètre; les gros sables, dont les grains passent dans des trous de un millimètre à trois millimètres de diamètre. Au-dessus de trois millimètres, le produit de la classification est appelé gravier.

Le sable pur, uniquement formé de silice, est blanc; les sables gris, jaunes, rouges, verts doivent leur coloration à des oxydes métalliques.



D'après la composition, on connaît:

- 1° Les sables quartzeux, qui ne sont formés que de silice;
- 2° Les sables micacés, contenant de la silice et de l'alumine;
- 3° Les sables calcaires, composés de silice et de carbonate de calcium;
- 4° Sous le nom d'arène, on désigne des sables à grains plus ou moins gros mélangés d'argile; leur couleur est jaune, rouge ou brun.

D'après l'endroit d'où on les retire, les sables comprennent:

- 1° Les sables de rivière, retirés du lit des cours d'eau. Ce sont généralement de gros sables mêlés souvent de gravier;
- 2° Les sables de carrière, extraits de la terre dans des carrières à ciel ouvert.

Usages

- 1° En construction, pour la préparation des mortiers et du béton;
- 2° En verrerie, le sable sert de matière première;
- 3° En céramique, on l'utilise comme dégraissant;
- 4° En fonderie, on emploie des sables pour la confection des moules et dans les machines à jet de sable servant au nettoyage des pièces moulées;
- 5° Dans la traction mécanique sur rails, en temps de pluie et de gelée, on emploie un peu de sable pour empêcher le patinage des roues;
- 6° Pour préparer les ferro-siliciums;
- 7° Pour préparer le béton;
- 8° En construction (onduits et gros ouvrages);
- 9° Pour bassins filtrants;
- 10° Comme abrasifs (polissage des glaces);
- 11° Sciage des pierres calcaires;
- 12° Apprêt des papiers à mouler.

b. Mortier

Définition des mortiers

Les mortiers sont des composés agglutinants destinés à relier entre eux les matériaux de construction de manière à répartir uniformément sur la surface des joints, les pressions mutuelles que ces matériaux exercent les uns sur les autres.

La solidité de la maçonnerie exige que la résistance des mortiers soit aussi voisine que possible de la résistance des matériaux qu'ils unissent.

Ils comprennent les mortiers simples et les mortiers composés.

Mortiers simples

Ils sont formés par une seule substance mélangée avec de l'eau.

Le mortier de terre fait avec une terre argileuse n'est plus guère employé. Toutefois, pour lier entre elles les briques d'une cheminée ou d'un calorifère, on emploie un mortier formé d'argile réfractaire.

Le mortier de plâtre s'obtient en délayant dans de l'eau du plâtre en poudre. Si la quantité d'eau est très faible, le mortier fait rapidement prise: on dit qu'il est gâché serré. Le plâtre gâché clair, au contraire, fait prise plus lentement; en général, les volumes d'eau et de plâtre sont égaux.

Mortiers composés

Ils sont formés par un mélange de sable, de chaux ou de ciment et d'eau.

Le sable a pour rôle de diminuer la quantité de chaux ou de ciment, d'atténuer le retrait que subit la pâte de chaux, et d'augmenter la résistance à l'écrasement.

La pâte de chaux forme la matière agglutinante; elle doit être en quantité suffisante pour recouvrir d'une couche très mince tous les grains de sable et remplir les interstices qu'ils présentent entre eux. Si tous les vides sont remplis, on a du mortier plein normal; s'ils ne le sont qu'incomplètement, le mortier est maigre; enfin, s'il y a excès de pâte, le mortier est gras.

B. GYPSE ET PLÂTRE

Sulfate de calcium (gypse et anhydrite)

Le sulfate de chaux se rencontre dans la nature à l'état anhydride et à l'état hydraté. Le sulfate anhydre (SO^4Ca) qui porte le nom d'anhydrite ou de karsténite se trouve dans quelques terrains anciens.

Le sulfate hydraté ou gypse (SO^4Ca ; $2\text{H}^2\text{O}$) est fort abondant.

Plâtre

Le plâtre est obtenu par la calcination du gypse ou pierre à plâtre.

Le gypse est du sulfate de calcium hydraté $\text{SO}^4\text{Ca} + 2\text{H}^2\text{O}$ que l'on trouve notamment dans les terrains tertiaires des environs de Paris. Il possède la curieuse propriété de se séparer facilement en lamelles ayant la forme d'un fer de lance.

En chauffant le gypse vers 128° , il perd les $3/4$ de son eau et peut alors être réduit en poudre blanche amorphe: cette poudre constitue le plâtre.

Durcissement du plâtre

La calcination du gypse donne un produit qui a pour formule $\text{SO}^A\text{Ca} + 0,5\text{H}^2\text{O}$: c'est un hémihydrate de sulfate de calcium, tandis que le gypse est un dihydrate. En présence de l'eau, l'hémihydrate se transforme en dihydrate insoluble qui cristallise en un grand nombre de petits cristaux enchevêtrés. C'est le phénomène de durcissement ou prise du plâtre.

La solidification du plâtre est accompagnée d'une grande augmentation de volume: 1 litre d'hémihydrate donne 1,4 litre de dihydrate.

Un certain nombre de corps dissous dans l'eau accélèrent la prise du plâtre: le chlorure de sodium, le nitrate de potassium, etc.; d'autres, comme le borax, retardent la prise.

Le plâtre employé pour revêtements est rarement utilisé seul; on lui mélange divers corps: des poils d'animaux, du sable, de l'argile, etc. Pour donner au plâtre une plus grande dureté que lorsqu'il est employé seul, on lui ajoute certains sels, comme l'alun, le borax, le tartre, etc.

F. M A R B R E

Pierre brillante, naturelle, constituée par des calcaires cristallins à grains fins, susceptibles d'acquies un beau poli.

Le marbre le plus pur est le marbre blanc, statuaire ou saccharoïde, dont la cassure rappelle celle du sucre.

Mais on trouve le plus souvent des marbres colorés par diverses substances minérales. Leur valeur dépend principalement de la finesse du grain, de l'homogénéité, ainsi que de l'uniformité de la couleur et de l'importance des blocs que l'on extrait des carrières.

Classification commerciale

La division d'après la couleur n'indique nullement la valeur du marbre; aussi les marbreries emploient-elles une classification où les marbres rangés dans un même groupe ont la même valeur, quelle que soit la couleur.

- 1° Marbres hors classe. Ce sont les plus estimés; ils comprennent l'onix du Brésil et l'onix du Mexique;
- 2° Marbres fins. Ils comprennent eux-mêmes un certain nombre de subdivisions désignées par un numéro d'ordre ou une lettre de l'alphabet. C'est ainsi que le statuaire inférieur, le bleu fleuri et le levanto ont même valeur commerciale;
- 3° Marbres ordinaires. Ce sont les meilleur marché; aussi sont-ils d'un emploi assez courant. Les noirs belges et français, les rouges belges, les bleus belges, le napoléon, etc., sont des marbres ordinaires.

Marbres artificiels

Plusieurs procédés sont employés pour préparer des produits imitant les marbres.

- 1° En incorporant des déchets de marbre à des ciments calcaires convenablement colorés, on imite facilement les brèches;
- 2° La carrarite, qui imite le marbre de Carrare, est préparée en cuisant de la magnésite pulvérisée, on délayant dans l'eau et en pressant la bouillie obtenue;
- 3° Le stuc sert à imiter tous les marbres. On le prépare en gâchant le plâtre dans de la colle forte; en coulant le tout dans des cadres placés sur des surfaces planes, on obtient aisément des plaques de marbre de toutes dimensions.

En mélangeant des couleurs appropriées au plâtre au moment du gâchage, on a des marbres colorés. Le sulfate de fer et la noix de galle donnent des marbres gris, le marbre jaune s'obtient avec du chromate de plomb; les marbres bleus sont préparés avec du sulfate de fer et le ferrocyanure de potassium.

Les marbres artificiels se travaillent à peu près comme les marbres naturels.

G. GÉOGRAPHIE ÉCONOMIQUE

Les centres de production du ciment sont groupés dans les régions riches en matières premières et dans les régions de grande consommation: Etats-Unis, U.R.S.S., Allemagne, France, Italie.

Le développement de l'industrie du ciment a pris, depuis le début du vingtième siècle, une importance telle qu'elle se trouve sur le même rang que les plus puissantes industries.

La fabrication du ciment est très importante en Belgique: Hainaut (Tournaisis et Vallée de la Haine), bassin liégeois et bas Escaut. L'unité cimentière établie à Obourg (Hainaut) est la plus importante du monde.

L'industrie belge du ciment (Portland et Métallurgique) se place en tête des industries extractives, immédiatement après l'industrie charbonnière. Sa capacité de production dont les quatre cinquièmes sont du ciment Portland, est actuellement d'environ six millions de tonnes.

Cette industrie produit toute la gamme des ciments: normaux, à haute résistance, à durcissement rapide, ainsi que des ciments spéciaux, tel que le ciment blanc.

Parmi les agglomérés de ciment, citons: les carreaux de ciment, carreaux de mosaïque, marbre et ciment, les plaques isolantes en fibres de bois et ciment ou plâtre. L'industrie belge du ciment est exportatrice.

L'exploitation du plâtre, stagnante jusqu' vers la fin du 19^e siècle, a pris depuis de l'essor en raison de ses applications de plus en plus nombreuses, non seulement dans l'art du bâtiment, mais aussi dans l'industrie chimique. Le cas des Etats-Unis est caractéristique à cet égard.

En Belgique la production de pierre à plâtre n'est pas très importante, mais les usines travaillent le gypse importé. Signalons que la Suisse possède de bons gisements de pierres à plâtre dans le Tessin et dans les Alpes.

Parmi les pays producteurs de chaux, citons l'Allemagne, les Etats-Unis, la France. Signalons que la chaux de la région de Tournai jouit d'une renommée mondiale.

Chapitre VI

PRODUITS CHIMIQUES

A. ACIDES MINÉRAUX

Acide chlorhydrique

- HCl
- Synonymes : acide muriatique; esprit de sel.

L'acide chlorhydrique véritable est un gaz provenant de la décomposition du sel commun (chlorure de sodium) par l'acide sulfurique. On le vend actuellement anhydre, liquéfié (en bouteilles d'acier), après préparation par combustion de chlore dans l'hydrogène.

L'acide commercial à 20° Baumé est une solution aqueuse de ce gaz, en contenant environ 30 %; coloré en jaune par un peu de fer.

Usages

- Décapage des métaux
- Interspersion des sucres
- Préparation du chlorure d'ammoniaque et de chlorures métalliques
- Déshydratant dans certaines synthèses organiques
- Régénération des charbons décolorants
- Fabrication des colles et gélatines.

Acide nitrique



Synonymes : acide azotique, eau-forte.

Liquide incolore ou jaunâtre, à odeur caractéristique faible. Il dissout la plupart des métaux. Il colore en jaune la laine blanche. Il colore de même la peau, les ongles, le liège, les plumes, etc. C'est un poison très dangereux.

On le prépare par passage de l'air au four électrique, par décomposition des nitrates, par oxydation de l'ammoniac.

Densité : 1,383

Usages :

Préparation d'un grand nombre de produits chimiques (nitrates, explosifs, acides sulfonitriques, etc.); décapant; oxydant; emplois en gravure, en

synthèse organique.

L'eau régale (mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique), dissout l'or (le "roi" des métaux, d'où le qualificatif "régal" = royal) et sert à la préparation des chlorures d'or et de platine.

Acide sulfurique



Liquide incolore et inodore, sirupeux quand il est concentré. Sa densité maximum est de 1,84. Certains acides bruts ont une densité inférieure, souvent 1,71. L'acide sulfurique est importé en récipient de verre ou de grès.

L'acide sulfurique chimiquement pur est clair comme l'eau. Il peut cependant être pur et légèrement brunâtre; cette coloration provient de ce que l'acide sulfurique charbonne les matières organiques, telles que paille, liège, papier, etc. Une faible quantité de ces matières colore une grande masse d'acide.

L'acide sulfurique est soluble dans l'eau.

Remarque importante : pour diluer l'acide sulfurique, il faut verser prudemment l'acide dans l'eau, car le mélange s'échauffe considérablement. Il faut éviter de verser l'eau dans l'acide; en opérant ainsi on peut provoquer des projections d'acide et d'eau chaude, qui produisent des brûlures graves.

Sous la dénomination commerciale d'OLEUM, on désigne l'acide sulfurique fumant (acide disulfurique ou pyrosulfurique, ou sulfurique de Nordhausen), qui consiste en une solution d'acide sulfurique et d'anhydride sulfurique. Il est plus dangereux encore que l'acide sulfurique ordinaire.

Usages :

Préparation d'un très grand nombre de produits chimiques : superphosphates, sulfates. Emplois divers : métallurgie; accus; synthèse organique; décapant.

B. CHLORURES DE SODIUM ET DE POTASSIUM

Chlorure de sodium



Le chlorure de sodium est très abondant dans la nature. Il s'y rencontre :

- 1°) A l'état de sel gemme, lequel constitue des gisements importants dans beaucoup de régions du monde ; dans l'Est de la France (Meurthe-et-Moselle) Alsace, Haute-Saône et Jura); au Maroc (où il existe de véritables montagnes de sel); en Allemagne (à Stassfurth); en Pologne (célèbre usine de Wieliczka); en Espagne; en Autriche (Salzburg, l'allemand Salz = sel); en U.R.S.S.; etc.

Ces gisements proviennent très probablement de l'évaporation d'ancien-

nes mers intérieures.

2°) En dissolution dans l'eau (sel marin). Dans les mers du Nord, on le rencontre sous forme de grains déposés à la surface des places (rassol).

Le sel gemme présente parfois une grande pureté : dans ce cas, on pratique l'extraction directe (par puits et galeries).

Le sel gemme impur peut aussi être extrait en carrière souterraine et être soumis ensuite au raffinage. Il est le plus souvent traité par dissolution.

L'eau de mer contient de 30 à 32 grammes de chlorure de sodium par litre. L'évaporation de l'eau de mer se fait dans de grands bassins ménagés sur les côtes et désignés sous le nom de marais salants ou de salines. (Gros sel et sel fin ou sel blanc).

Les débouchés du sel sont : la consommation domestique (sel de cuisine), l'agriculture, la pêche, et, principalement, l'industrie chimique : fabrication de la soude, du chlore, de l'acide chlorhydrique; vernissage des poteries; mégisserie.

Chlorure de potassium

KCl

Le chlorure de potassium accompagne le chlorure de sodium dans les gisements de sel gemme. Il se présente sous la forme de dépôts complexes contenant du chlorure de potassium impur (carnallite, sylvinite, kainite).

L'exploitation des gisements de potasse se fait le plus souvent par puits, en carrière souterraine.

La purification des produits bruts de la mine se fait par cristallisation fractionnée, ou par flottage du chlorure de sodium.

Avant la découverte des gisements de Stassfurth, une certaine quantité de chlorure de potassium était retirée des eaux-mères restant après l'extraction du sel marin.

Le principal usage du chlorure de potassium est son emploi comme engrais. Les cours du marché sont, dans ce cas, donnés à l'unité de potasse exprimée en K₂O. Il sert aussi à la fabrication de la potasse caustique et des autres sels de potassium, sulfate (préférable au chlorure pour l'agriculture), carbonate, chlorate, nitrate, etc.

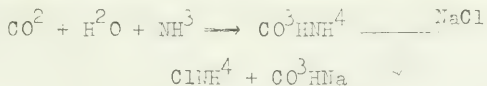
C. CARBONATES DE SODIUM

a. Carbonate acide ou bicarbonate



Le bicarbonate de sodium s'obtient directement dans l'industrie par

le procédé SOLVAY. On fait agir le gaz carbonique sur une solution saturée de chlorure de sodium additionnée d'ammoniaque; il se forme d'abord du bicarbonate d'ammonium qui, avec le NaCl (chlorure de sodium) donne le bicarbonate de sodium, peu soluble, qui précipite :



Le bicarbonate de soude est employé pour préparer les levures minérales; pour charger les appareils à gazéifier les boissons; en pharmacie; dans les industries chimiques textiles.

Le sel de Vichy est un bicarbonate impur qui provient des eaux minérales de même nom.

b. Carbonate neutre : CO^3Na^2

C'est un produit industriel important (soude Solvay) qui cristallise dans l'eau, par refroidissement de ses solutions, sous forme de cristaux volumineux répondant à la formule CO^3Na^2 , $10 \text{H}^2\text{O}$, et appelés communément cristaux de soude.

On le préparait autrefois à partir du sulfate de sodium, que l'on chauffait au rouge avec un mélange de charbon et de carbonate de calcium (procédé Leblanc) Il y avait d'abord réduction du sulfate en sulfure :



(Sulfate de sodium + Carbone \longrightarrow oxyde de carbone + sulfure de sodium)

qui réagissait sur le carbonate de calcium en donnant le produit cherché :



(Sulfure de sodium + carbonate de calcium \longrightarrow sulfure de calcium + carbonate de sodium).

En reprenant par l'eau et en purifiant par cristallisation, on obtenait les "cristaux de soude".

Actuellement, le carbonate de soude s'obtient par le procédé inventé par notre compatriote Ernest Solvay.

Le bicarbonate de soude obtenu en premier lieu (voir plus haut sous a) est chauffé à sec et donne le carbonate neutre anhydre.

Beaucoup plus soluble que le bicarbonate, ce carbonate neutre est hydrolysé en libérant une faible quantité de soude. D'où son emploi dans la fabrication des "lessives". Il est consommé en grosses quantités dans les industries de la savonnerie et de la verrerie.

On opère en présence de catalyseurs à base de fer et sous des pressions variables:

Procédé Haber	=	200 atmosphères	(550°)
" Casale	=	600 "	(550°)
" Claude	=	1000 "	(550°)

Une certaine quantité d'ammoniac provient de l'épuration du gaz de houille. La distillation des tourbes et des lignites en fournit également.

L'ammoniac ou gaz ammoniac est un gaz incolore, à odeur caractéristique, fort désagréable, extrêmement soluble dans l'eau. Il est généralement vendu sous forme de solution aqueuse, dite ammoniacale, qui sert à la fabrication d'engrais et de nombreux produits chimiques minéraux et organiques.

Berzélius a donné le nom d'ammonium au radical hypothétique (NH^4) qui, d'après la théorie d'Ampère, fait fonction de métal alcalin dans les sels ammoniacaux.

Exemples:

NH^4Cl	=	chlorure d'ammonium
NH^4NO^3	=	nitrate d'ammonium
$(\text{NH}^4)^2\text{SO}^4$	=	sulfate d'ammonium

Cyanamide



Synonymes = cyanamide de calcium, cianamide; carbodicimide.

La cyanamide est un corps dérivant de l'ammoniac par substitution du groupe CN à un atome d'hydrogène.

Elle est préparée en faisant passer un courant d'azote sur du carbure de calcium chauffé. Elle est principalement employée comme engrais = 86 à 90 pour 100 de son azote sont assimilables.

Elle sert également pour la préparation de la nitroguanidine (qui sert à abaisser la température de combustion des poudres à la nitroglycérine).

E. ENGRAIS MINÉRAUX

Engrais

Les engrais sont des substances qui permettent de remédier à l'insuffisance du sol en matières nécessaires à l'alimentation des plantes.

Les principaux éléments indispensables à la vie des plantes sont l'azote, la potasse, les phosphates et la magnésie. L'agriculture utilisait d'abord uniquement les engrais naturels, fumiers et résidus de la putréfaction des plantes et des animaux.

Aujourd'hui, elle se sert de plus en plus d'engrais artificiels, ou engrais chimiques, substances fournies par l'industrie chimique.

Un engrais complet doit contenir des produits azotés, des sels de potassium et des phosphates, dans un rapport adapté à la nature de la culture et à la composition du sol.

Dans les engrais chimiques, on introduit:

- L'azote, sous la forme de nitrate, de sel d'ammonium, de cyanamide calcique et d'urée.
- La potasse, sous forme de chlorure, de sulfate (préférable au chlorure, mais plus coûteux), de nitrate, et parfois de carbonate.
- Les phosphates, principalement sous forme de phosphate de chaux, les phosphates monocalciques (superphosphate), bicalcique, tricalcique, et scories de déphosphoration; et aussi, parfois, sous forme de phosphate de potassium ou de phosphate d'ammonium.

Les engrais complets, les engrais composés sont le plus souvent des mélanges.

Il existe aussi des engrais catalytiques contenant du fer, du manganèse, du bore et, en général, des traces d'éléments (dits oligoéléments) dont la présence a été reconnue nécessaire à la vie de la plante.

F. PÉTROCHIMIE

La pétrochimie est l'industrie chimique basée sur le pétrole. Elle fut créée vers 1930, aux Etats-Unis, qui s'intéressent à la fabrication des très nombreux produits (plastiques, fibres synthétiques, détergents) obtenus à partir des résidus laissés par le raffinage du pétrole.

Ce sont pratiquement les gaz libérés par le raffinage et le cracking, ainsi que le gaz naturel, qui sont les matières premières de base de la pétrochimie.

Les possibilités industrielles que présente le traitement des hydrocarbures extraits de ces gaz, couvrent pour ainsi dire tout le domaine de la chimie organique. Parmi ces composés d'hydrogène et de carbone, citons l'éthanol ou alcool ordinaire, qui, après l'eau, est le principal dissolvant naturel.

Le gaz naturel revêt aussi une grande importance pour la synthèse du méthanol (alcool de bois); matière de base employée surtout pour la préparation du formaldéhyde (formol).

Celui-ci entre à son tour dans la composition de diverses résines synthétiques, dont la bakélite. Un autre dérivé est l'oxyde d'éthylène, principale matière première de la pétrochimie, et la mieux connue, on la transforme surtout en glycol éthylique qui est l'élément principal de beaucoup d'antigels.

Mentionnons également le chlorure d'éthylène, entre autres, comme produit intermédiaire du plastique P.V.C. utilisé sur une grande échelle pour le vêtement, le revêtement de meubles, les imitations de cuir, etc. Le chlorure d'éthyle sert pour la préparation de plomb tétraéthyle, il constitue l'additif pour l'essence, produit connu de tous les automobilistes.

Le polyéthène, résultant de la polymérisation de l'éthylène, est un produit plastique à qualités exceptionnelles, utilisé notamment pour les sacs et les tuyaux.

Le phénol et l'acétone, qui sont des produits chimiques de base de première importance, sont aussi obtenus par le truchement de la pétrochimie. Le phénol entre notamment dans la fabrication de colorants, de plastiques et d'explosifs; l'acétone est un dissolvant de qualité, entre autres de l'acétylène, qui lui vaut d'ailleurs le nom d'acétylène dissous. La butadiène est connue comme matière première pour la fabrication du caoutchouc synthétique (buna).

Souvent aussi les matières premières pour la fabrication de fibres synthétiques sont d'origine pétrochimique.

Parallèlement à ces produits les dérivés traditionnels du charbon (benzols)-qui font l'objet de la carbochimie - sont de plus en plus souvent produits par la pétrochimie.

Enfin, les dérivés du pétrole sont appelés à jouer un rôle toujours plus grand dans la fabrication de produits minéraux: notamment le soufre de récupération pour la préparation de l'acide sulfurique, de même que l'hydrogène provenant du gaz naturel en vue de la synthèse de l'ammoniaque et, consécutivement, pour la fabrication d'engrais chimiques azotés.

G. PRODUITS PHOTOSENSIBLES

La photographie

La photographie est l'art de fixer et de reproduire les images formées sur un écran approprié, en se servant, pour faire naître les images, des radiations de la lumière solaire ou de diverses autres radiations, telles que les rayons ultra-violet et les rayons X.

Classification

On distingue la photographie monochrome qui reproduit les images en une seule couleur (c'est la plus fréquemment utilisée) et la photographie en couleur, qui fournit des images avec des couleurs plus ou moins naturelles.

Opérations de la photographie monochrome

1°) Production d'une image latente sur une surface sensible à la lumière, ou préparation négative.

2°) Obtention d'un cliché ou phototype négatif, par développement de l'image latente dans un bain révélateur et, éventuellement, l'inversion du négatif en positif.

3°) Fixage de l'image négative par immersion du cliché dans un bain fixateur qui dissout l'excès de sels sensibles.

4°) Renforcement ou affaiblissement du cliché en cas d'insuccès partiel des opérations 1 et 2.

5°) Tirage des épreuves positives, par exposition à la lumière, sous le cliché, d'une surface sensible appropriée.

6°) Virage et fixage des épreuves positives.

Les surfaces sensibles négatives

Elles sont constituées par une dispersion de bromure d'argent, ou d'un mélange de bromure, de chlorure et d'iodure d'argent dans la gélatine.

Développement et révélateurs

Le développement consiste à transformer l'image latente en image visible. Il se produit par l'action d'un bain révélateur, mais seuls les grains touchés par la lumière, c'est-à-dire portant des germes, sont réductibles.

Voici les constituants essentiels du révélateur: un développeur (réducteur organique tel que l'hydroquinone, le géniol), un alcali (carbonate de soude, par exemple), un préservateur (sulfate de soude) évitant l'oxydation spontanée par l'air, et un bromure soluble empêchant le voile (réduction spontanée du bromure d'argent non impressionné par la lumière). Le fixage est effectué par une solution d'hyposulfite de soude, additionnée éventuellement de divers adjuvants (fixateurs).

Les surfaces sensibles positives

Les types principaux sont les suivants:

- 1° Papiers aux sels d'argent à l'image apparente ou à noircissement direct.
- 2° Papiers, plaques et pellicules aux sels d'argent, à image latente, ou par développement.
- 3° Papiers aux sels de fer: ils servent surtout aux tirages industriels sous calques, pour les plans et les dessins d'appareils divers.
- 4° Papiers à la gélatine bichromatée.

N. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Produits chimiques

L'industrie chimique fournit une gamme considérable de produits, depuis les acides industriels jusqu'aux colorants et aux produits pharmaceutiques, en passant par les produits photographiques et les matières plastiques. C'est dire qu'elle se classe parmi les grandes industries. Elle est particulièrement puissante aux Etats-Unis, en Allemagne (colorants, produits pharmaceutiques), en Grande-Bretagne, en U.R.S.S., en France (azote synthétique,

soufre, engrais, savonnerie, etc.). Notre pays occupe une place honorable Citons quelques localisations en Belgique:

- Acide sulfurique: région anversoise, Campine.
- Industrie de la soude: Bruxelles, Campine, Couillet, Jemeppe S/Sambre.
- Distillation de la houille: Bruxelles, Tertre, Liège.
- Savonnerie: Bruxelles, Gand, Liège.
- Matières plastiques: Bruxelles, Gand, Liège.
- Engrais: Anvers, Charleroi, Liège.
- Produits pharmaceutiques: Bruxelles.
- Allumettes: Grammont, Ninove.
- Caoutchouc: Bruxelles, Gand, Anvers, Liège.

Pétrochimie

La pétrochimie est née aux Etats-Unis vers 1930. Ceci s'explique par l'importance de la production de pétrole et la puissance de l'industrie américaine. Le développement de la pétrochimie est particulièrement marqué depuis la fin de la deuxième guerre mondiale.

En Grande-Bretagne, la création de cette industrie a permis à la fois d'appréciables économies de dollars et des gains en devises grâce à l'exportation vers l'Europe Occidentale.

Sur le continent, l'industrie s'implante aux Pays-Bas, en France, en Allemagne Occidentale, en Italie et en Belgique (Anvers) - 1951 = création de Pétrochim.

On estime que le gaz du grand gisement algérien d'Hassi-R'Mel (1.000 milliards de mètres cubes de gaz humide contenant 60 millions de tonnes de gazoline) permettra la création d'un centre pétrochimique d'importance mondiale.

Produits photosensibles

Depuis le début du siècle, l'industrie des produits photosensibles a pris un développement considérable. Ceci est dû au perfectionnement et à la généralisation de la photographie et du cinéma et explique la puissance de l'industrie du film aux Etats-Unis. Citons encore, parmi les pays producteurs, l'Allemagne, le Royaume-Uni, la France, notre propre pays.

La contribution belge aux progrès de la photographie se situe surtout sur le plan de l'industrialisation. A Mortsels, aux portes d'Anvers, un ensemble industriel groupé sur 90.000 m² de terrain occupe plusieurs milliers de personnes.

Cette industrie, occupant déjà une place de choix dans la production mondiale des papiers photographiques, a mis au point la fabrication industrielle du film photo et ciné en couleurs, gardant ainsi les produits photosensibles belges au niveau des meilleures réalisations internationales.

Chapitre VII

PRODUITS TEXTILES

A. GENERALITES SUR LES FIBRES TEXTILES

Fibres textiles

On désigne, sous le nom générique de **fibre textile**, toute substance filamenteuse susceptible de fournir des fils continus. A ce point de vue, le nombre des substances qui sont dans ce cas est considérable, mais en réalité, très peu d'entre elles reçoivent des applications.

Suivant leur origine, on divise les fibres textiles en trois classes:

- 1° Les fibres minérales;
- 2° Les fibres végétales;
- 3° Les fibres animales.

L'amiante est le seul représentant des fibres minérales.

Parmi les fibres végétales, nous citerons le coton, le lin, le chanvre, l'aloès, le phormium tenax ou lin de la Nouvelle-Zélande, /jute (ou chanvre du Bengale), l'agave, le sisal, l'abaca, etc. le

Enfin, les fibres d'origine animales sont: le poil, la laine, la soie.

A ces fibres naturelles, s'opposent les fibres artificielles: rayonne, nylon, etc.

Classification d'après la partie de la plante utilisée

1. Fibres libériennes:

(du latin liber, écorce d'arbre) = lin, chanvre, ramie, jute, raphia, abroma.

2. Feuilles:

Phormium tenax.

3. Filaments enveloppant la graine:

Coton.

4. Bourre soyeuse de l'endocarpe

Kapok.

Fibres utilisées en tissage

Parmi les garnitures on distingue:

- a) Les garnitures végétales: chiendents de toutes sortes, tampicos et picar-savas du Brésil ou d'Afrique, bassines de Madagascar, gramilles du Mexique et du Tonkin, sorgho marocain, fibres de coco.
- b) Les garnitures animales: soies de porc, crins de boeuf et de cheval; poils d'oreille de boeuf; poils de chèvre; poils de lapin, de blaireau, d'ours; queues et déchets de petit gris, de kolinsky, de putois, de civette, etc.

B. PRODUITS TEXTILES D'ORIGINE MINÉRALE

Amiante et Asbeste

On désigne ainsi des silicates de calcium et de magnésium, extraits de gisements canadiens, sibériens, corses, sud-africains, appartenant à plusieurs types minéralogiques, mais formant tous des fibres blanches, brillantes et flexibles, que l'on peut filer et tisser. On a fait des tissus incombustibles et servant à filtrer les liquides corrosifs; des cordes pour bourrages de garnitures métalliques; de l'ouate pour filtration et revêtements calorifuges; des cartons pour joints de tuyauterie; des isolants électriques; des poudres pour porcelaines filtrantes; des mastics, luts, peintures.

Le mot amiante désigne plus particulièrement le minéral. Quand les fibres se trouvent légèrement teintées en verdâtre ou grisâtre, par suite d'impuretés en alumino ou en oxyde de fer, le nom générique d'asbeste (du grec asbestos, incombustible) leur est réservé.

C. PRODUITS TEXTILES D'ORIGINE VÉGÉTALE

1. Tableau des plantes textiles

I - Plantes tropicales

- 1) Coton: duvet des graines de cotonnier (gossypium).
- 2) Jute: filasse de la tige des corchorus.
- 3) Urena lobata (Malvacée): fibres des tiges (obtenues par rouissage).
- 4) Agave sisal (fam. des Amaryllidacées): fibre des feuilles.
- 5) Ramie (Boehmeria, fam. des Urticacées, c'est-à-dire des orties): fibres extraites du liber des tiges. On l'appelle aussi ortie de Chine. Rappel le chanvre.

6) Kapok (Ceiba pentandra, fam. des Bombacées): le kapok ou "duvet végétal" est la bourre soyeuse constituée par les poils qui tapissent la paroi interne du fruit (endocarpe) de plusieurs espèces d'arbres de la famille des Bombées (Extrême-Orient et Afrique tropicale).

7) Abrera augusta (arbrisseau de la famille des Sterculiacées): fibre (provenant de l'écorce) de bonne qualité, mais quelque peu inférieure à celle de l'urena.

8) Punga (Cephalonema polyandium) arbrisseau de la famille des Tiliacées: fibre de bonne qualité, inférieure à celle de l'urena.

9) Raphia: sorte de palmier, dont les fibres épidermiques et sous-épidermiques servent comme textile.

10) Phormium tenax (famille des Liliacées): plante textile de Nouvelle-Zélande, dont on extrait une filasse des feuilles.

11) Abaca: espèce de bananier des Philippines. Il fournit une matière textile (cordes, câbles, tapis, papier, etc.) appelée vulgairement chanvre de Manille.

12) Aloès (famille des Liliacées): fibre voisine de celle des sanses-vières (cordes, nattes, tissus grossiers).

13) Alfa: graminée vivace (Algérie) dont les feuilles ont été, dès l'époque romaine, utilisées pour la fabrication des cordages grossiers.

14) Kenaf (Hibiscus cannabinus, famille des Malvacées): les tiges fournissent un filament qui peut remplacer, dans une certaine mesure, le chanvre et le jute.

II - Plantes indigènes

1. Lin (Linum usitatissimum, de la famille des Linacées).

Le lin est d'origine géographique inconnue, peut-être du Caucase. Il est maintenant partout cultivé et devenu spontané dans l'Europe méridionale. C'est une plante qui joue un grand rôle économique, elle fournit ses grains à la pharmacie à cause de leur mucilage épidermique: l'huile sert surtout à l'industrie de la peinture, en raison de ses qualités siccatives et elle est même alimentaire; les fibres de la tige sont utilisées par l'industrie textile, car elles donnent des tissus de choix (toiles).

Le lin, au cours des années, a reculé devant la concurrence du coton et des fibres artificielles.

2. Chanvre (Cannabis sativa, de la famille des Cannabinacées).

Le chanvre est une plante dressée, cultivée en grand pour l'obtention de ses fibres, beaucoup plus utilisée autrefois pour la fabrication d'une toile un peu rude mais résistante et d'usage courant.

Coton

Généralités

On donne le nom de coton au filament textile constitué par le duvet

soyeux qui enveloppe les graines du cotonnier, plante herbacée de la famille des Malvacées.

Le coton est la matière textile la plus importante, celle dont la production est la plus considérable et dont l'emploi est le plus répandu.

Le cotonnier

Les diverses espèces de cotonniers sont d'origine intertropicale; elles sont nombreuses. Tous les cotonniers appartiennent au genre Gossypium, de la famille des malvacées.

Les cotonniers cultivés sont répartis en deux groupes:

- 1) Le groupe asiatique, comportant: Gossypium herbaceum et Gossypium arboreum

Ils ne fournissent que des cotons à courte fibre (14-25 millimètres).

- 2) Le groupe américain, comprenant: Gossypium barbadense, Gossypium peruvianum, et Gossypium hirsutum.

Ils donnent des soies plus longues (20-55 mm.).

Classification commerciale

Du point de vue commercial, on divise les cotons en classes et soies.

a. Classe - Elle est déterminée:

- 1) par la propreté du coton et ses défauts;
- 2) par la couleur;

3) par le soin apporté à son égrenage, les caractères standardisés ont donné lieu à de multiples appellations: le Département de l'Agriculture de Washington par exemple, a confectionné avec des soins minutieux des copies les types originaux (Universal Standards), dont quiconque peut faire l'acquisition, il y a donc, depuis 1924, uniformité complète de classement dans le monde entier, tout au moins pour les cotons des Etats-Unis.

b. Soie - Selon que la longueur des poils dépasse ou n'atteint pas 30 millimètres, on distingue:

- 1) Types de coton de longue soie: Sea Island, Egypte, etc.;
- 2) Types de coton à courte soie: Inde, Chine, etc.

Usages du coton

Les usages du coton sont multiples: fabrication de tissus divers, couvertures, tapis de velours et peluche, tables, rubans, flanelles, velours, passementerie, torchons, dentelles, bonneterie, ouate, etc.

Le coton sert également à la préparation d'explosifs (fulmi-coton ou nitrocellulose). Par transformation chimique, il donne la cellulose, qui constitue la matière première de la fabrication du collodion, du celluloïd, de la soie artificielle.

La graine de coton fournit, par pression, 12 à 15 % d'huile et 45 % de tourteaux et farine de coton, 27 % de coques et 5 à 7 % de linters qui sont les fibres courtes recouvrant la graine après l'égrenage.

Jute

Généralités

Le jute est la filasse extraite de la tige de différentes plantes de la famille des Tiliacées (dont le type est le tilleul) appartenant au genre Corchorus.

Les Corchorus sont des plantes robustes, sortes de buissons arbustifs pouvant atteindre 2 à 4 mètres, dont la tige rigide, fibreuse, se ramifie seulement dans la partie supérieure.

Le jute est avant tout une matière textile de grande consommation.

Usages

Le jute est considéré comme la fibre préférable pour la confection de tissus grossiers, de nattes (nattes de Chine), d'emballages (sacs) destinés au transport des arachides, des céréales, des engrais, du café, etc. et à la fabrication d'engrais de pèche, de lances, etc. La consommation est énorme et l'industrie agricole de jute d'une importance économique considérable.

D. PRODUITS TEXTILES D'ORIGINE ANIMALE

1. Laine

Définition

Matière textile formée par le poil doux et frisé recouvrant le corps de certains animaux herbivores et spécialement des moutons. Quelques animaux tels que la chèvre d'Angora, le lama, la vigogne, le chameau, etc. fournissent une matière utilisable par les industries textiles.

Généralités

La laine se différencie des poils proprement dits, en ce qu'elle est plus fine, plus douce et plus flexible. Sur certaines parties du corps la laine est plus longue et plus douce que sur d'autres. Elle se caractérise par sa longueur, sa douceur, sa finesse, sa pureté, sa blancheur, sa résistance à la décoloration, sa résistance à l'abrasion, sa résistance à l'acide, sa résistance à l'alkali, sa résistance à la chaleur, sa résistance à l'humidité, sa résistance à la pollution, etc.

La laine est l'élément principal de la laine, par contre elle se caractérise

avec la même facilité. Lorsqu'elle est à l'état naturel, la laine est dite surge ou en suint.

La qualité d'une laine dépend en premier lieu de sa finesse : celle-ci, c'est-à-dire le diamètre des brins, varie de 1 à 10 centièmes de millimètre.

Classement des laines

Si la laine en toison est dans l'état où elle se présente lors de la tonte, le mouton n'ayant subi aucun lavage préalable, elle est dite laine en suint.

Si le mouton, préalablement à la tonte, a été lavé, les toisons obtenues forment alors la laine lavée à dos ou scourred.

Si la laine a été lavée immédiatement après la tonte, elle est dite, suivant le cas, lavée à froid ou à chaud.

Enfin, la laine complètement débarrassée de son suint, soit à l'aide d'eau chaude et de savon, soit à l'aide d'agents chimiques, est dite lavée à fond.

En dehors de la question de propreté, on distingue trois sortes de laine :

- 1° la laine d'agneau provenant de la première tonte des jeunes moutons;
- 2° la laine de mouton d'un an, plus résistante, plus élastique que la première;
- 3° enfin, la laine mère, provenant de moutons plus âgés. Il est à noter qu'avec l'âge des moutons la laine perd progressivement ses qualités de douceur et d'élasticité. Aussi est-il rare qu'on récolte la laine des moutons après sept ans.

Laine de lama

Les lamas sont des animaux de l'Amérique du Sud, de la famille des chameaux, mais sans bosse et de taille inférieure, dont le poil est long et laineux.

On distingue trois espèces principales :

- le lama proprement dit, de la taille d'un cerf, dont la laine sert à la fabrication de tissus grossiers;
- l'alpaga, plus petit que le lama, dont la laine, plus fine, se rapproche de celle de la chèvre de Cachemire; cette laine sert à fabriquer des tissus pour robes et des articles de nouveauté;
- la vigorne, animal qui vit à l'état sauvage, d'une taille intermédiaire entre celle du lama et de l'alpaga. Poil très fin, court et crépu, de très belle qualité.

Dans l'industrie, on appelle viscose un mélange de laine et de coton, ou, plus simplement, le poil de lapin.

2. Soie

Le ver à soie

Le ver à soie est la larve d'un papillon appelé le bombyx du mûrier (Bombyx mori).

A l'éclosion, les oeufs donnent naissance à une petite larve de 3 mm. de longueur. Cette larve subit quatre mues avant de posséder sa taille complète. C'est alors une chenille formée de douze anneaux. Avant de se transformer en nymphe, la chenille se file un cocon composé de fils de soie.

On ne laisse sortir des cocons que le nombre de papillons nécessaires pour produire les oeufs destinés à l'élevage de l'année suivante. Les autres cocons sont enfermés dans des boîtes recevant de la vapeur d'eau bouillante pour tuer les chrysalides. Ils sont placés dans des endroits secs et aérés pendant trois mois, et après triage, sont expédiés à la filature.

La soie

La soie brute (appelée soie grège ou soie crue) est une fibre lisse, brillante, d'aspect vitreux, blanche, jaune ou verte selon son origine.

Elle est formée de deux filaments réunis, avec canal intérieur. Ces filaments sont constitués principalement par une matière organique azotée, la fibroïne, coulés extérieurement par une matière gélatineuse, la séricine, tous deux de nature protéidique.

La soie se range, par sa composition chimique, près de la laine, des poils et de la corne.

En faisant bouillir de la soie dans de l'eau de savon, on enlève grès et gomme et l'on obtient la soie cuite ou décreusée, qui sert à la confection des tissus.

On appelle grès (nom masculin) la substance trouble, finement granuleuse, qui constitue avec le mucus et la fibroïne la soie sécrétée par les insectes séricifères et que l'on détruit par le décrusage ou décreusage. Décreuser, c'est lessiver les cocons pour en dévider la soie plus facilement.

Soies sauvages

A côté des soies de culture, qui sont les vraies soies, l'industrie textile utilise également une quantité notable de soies sauvages provenant de vers (chenilles) non cultivées. Parmi ces dernières la plus importante est la soie tussah, qui est fournie par les cocons de divers Antheraea (Chine et Inde).

La qualité de ces soies est très inégale.

B. PRODUITS TEXTILES ARTIFICIELS

Généralités

La fabrication des matières textiles artificielles eut pour but, à l'origine, d'imiter la soie naturelle dont le prix est élevé. La première solution de ce problème fut donnée en 1844 par le comte Hilaire de Chardonnet qui créa la première industrie de la soie artificielle.

Soie à la nitro-cellulose ou soie Chardonnet

Elle s'obtenait au moyen de coton-poudre (nitro-cellulose).

L'acide nitrique transforme la cellulose du coton en nitro-cellulose ou coton nitré qui, dissout dans un mélange d'alcool et d'éther, donne du collodion. Celui-ci est filé sous pression dans des filières de verre. En raison de leur grande inflammabilité, il faut dénitrer les fils par le sulfhydrate d'ammonium.

Autres soies artificielles

Il existe de nombreuses autres soies artificielles : soie au cuivre, soie de viscose, soie à l'acétate de cellulose,...

Soie Lehner

Elle était obtenue d'une manière analogue à la soie Chardonnet, avec un collodion additionné d'une huile siccative vulcanisée qui augmente la tenacité et la souplesse du fil.

Rayonne

L'importance des soies artificielles a pris une telle importance que, pour éviter la confusion avec la soie naturelle, le législateur a décidé (8 juillet 1934) de réserver, en France, le nom de soie au produit naturel et de nommer rayonne toute soie artificielle.

Il existe divers modes de préparation de la rayonne : rayonne viscose, rayonne à l'acétocellulose (rayonne à l'acétate), rayonne à base de matières d'origine animale : gélatine, caséine, protéine végétale (soja, coton, arachide) et la fibroïne provenant des résidus de soie naturelle. Les fibres artificielles obtenues ont une capacité thermique supérieure à celle des fibres cellulosiques.

Propriétés de la soie artificielle

Elle est plus brillante que la soie naturelle et en possède le craquant. La soie artificielle sèche est moitié aussi résistante que la soie naturelle; mouillée, sa résistance devient très faible. En brûlant la soie

naturelle, il se dégage une odeur de corne brûlée, laquelle n'apparaît pas lorsqu'il s'agit de soie artificielle.

Nylon et superpolyamides

Le nylon (marque déposée) est une fibre textile synthétique mise au point en 1938 par la compagnie américaine Dupont de Nemours.

On désigne sous le nom de superpolyamides une catégorie de produits chimiques synthétiques qui ont trouvé de nombreuses applications, tant sous forme de fils que de matières plastiques.

Ils sont obtenus par la réaction d'un diacide (1) sur une diamine(2) ou d'un amino-acide (3) sur lui-même : c'est ce que l'on nomme en terme de chimie polycondensation

On désigne plus couramment sous le nom de nylon une superpolyamide particulière, celle qui est formée à partir de l'acide adipique (4) et de l'hexaméthylène diamine.

C'est le chimiste allemand Emil Fischer qui tenta, peu avant la guerre de 1914-18, la synthèse des superpolyamides pour la première fois.

Par contre, c'est un chimiste américain, Carothers (travaillant pour la société Dupont de Nemours) qui réussit la synthèse de véritables superpolyamides de degré de polymérisation (5) de l'ordre de 10.000 (1928-1935).

(1) Diacide, corps possédant deux fonctions acides; en chimie organique, ils possèdent deux groupements CO^2H .

(2) Diamine, corps possédant deux fonctions amines. Les amines, découvertes par Wurtz en 1849, sont des composés formés par substitution de radicaux hydrocarbonés (contenant H et C) univalents quelconques à l'hydrogène de l'ammoniac (NH_3).

Exemple : amine dite primaire : CH_3NH_2 .

(3) Amino-acide, corps possédant les deux fonctions amine et acide. On dit aussi acide aminé.

(4) Adipique, se lit d'un diacide de formule $\text{CHCO} - (\text{CH}_2)^4 - \text{CO}^2\text{H}$ que l'on peut obtenir par synthèse totale, à partir de l'acétylène. (Synonyme : hexanédioïque).

(5) On observe, dans certains cas, et dans des domaines déterminés, des variations importantes de la densité, inexplicable par les seules considérations physiques. Comme la densité gazeuse d'un corps est en relation directe avec sa masse moléculaire, les variations observées sont l'indice d'une transformation subie par le corps en relation directe avec sa masse moléculaire. Si la densité augmente avec la température, la substance se condense sur elle-même pour donner des molécules plus lourdes. C'est ce qui se produit dans la polymérisation.

C'est lui qui a découvert un véritable textile artificiel (qui fut appelé nylon).

Le nylon possède une élasticité supérieure à celle de la soie naturelle. Sa résistance au frottement surpassé celle de toutes les fibres connues, à l'état sec ou humide.

Laines artificielles

Produits obtenus en soumettant une rayonne à un traitement approprié (physique, chimique ou mécanique) qui donne des fils moelleux et laineux, n'ayant plus le brillant de la soie artificielle et rappelant la laine. Citons: laine de cellulose ou zellwolle, lanital (fabriqué au moyen de la caséine), lano-fil, néc-laine, etc.

F. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Généralités

D'une manière générale l'évolution qui se dessine est une avance des fibres artificielles, lesquelles refoulent les fibres naturelles.

Le cas le plus spectaculaire est celui de la soie naturelle qui n'est pratiquement plus utilisée que pour les articles de luxe.

Géographie du cotonnier

Les cotonniers ne craignent pas les températures élevées et l'altitude, par ailleurs, ne constitue pas un obstacle.

Cette plante demande des pluies régulières et assez abondantes pendant sa croissance jusqu'à la fructification.

Les principaux pays producteurs de coton sont les Etats-Unis, l'Inde, la Chine, l'Egypte, le Brésil, la Turquie et l'Iran, le Pérou, le Mexique, l'Argentine.

L'Afrique participe aux exportations mondiales de coton dans la proportion de 19 %. Les principaux pays producteurs sont l'Egypte, l'Ouganda, le Soudan et le Congo.

Terminons par quelques mots sur l'industrie cotonnière belge. Nous importons le coton brut des Etats-Unis, du Mexique, du Pérou, du Congo, etc. principalement par le port de Gand. Nous possédons des filatures (Gand, Courtrais, Renaix, Alost, Pays de Waes, Braine-l'Alleud, Bruxelles) et des tissages (Gand, Courtrais, Renaix, Bruxelles).

Coton

1. La position du coton dans le monde libre.
En millions de balles (1)

SAISON (2)	PRODUCTION		CONSOMMATION		EXPORTATIONS		STOCKS EN FIN DE PERIODE	
	Total	E.U.	Total	E.U.	Total	E.U.	Total	E.U.
1957-58	27,8	11,-	28,5	8,0	12,6	5,7	18,3	8,7
1958-59	28,9	11,5	29,1	8,7	11,3	2,8	17,5	8,9
1959-60 (3)	31,7	14,7	30,5	9,-	8,-	6,-	-	6,5

(1) Balles de 478 lbs; pour les Etats-Unis il s'agit de "running bales" de 500 lbs (livres).

(2) La saison cotonnière s'étend du 1er août au 31 juillet.

(3) Estimations.

2. Le problème des stocks excédentaires de coton est loin d'être résolu. Au début de la saison 1959-60, les stocks du monde libre représentaient 17,5 millions de balles, soit 57 % de la consommation prévue pour 1959-60.

Géographie du jute

Le jute ne se développe bien que dans les climats humides et chauds, tropicaux ou subtropicaux, présentant des alternances de soleil et de pluie. On le rencontre aux Indes, en Chine, aux Iles de la Sonde. Toutefois, la culture en vue de la production de la fibre est pratiquement limitée au Bengale.

Actuellement, c'est le Pakistan qui détient le monopole de la production de jute, mais c'est la République indienne qui possède les usines travaillant ce textile.

Le jute qu'utilise l'industrie belge est importé du Pakistan ; quant au chanvre, il provient d'Italie, de Yougoslavie et de Bulgarie. Nos filatures de jute et de chanvre sont établies dans le bassin de l'Escaut (de Gand à Tamise), à Roulers, à Courtrai.

Pays producteurs de laine

- 1° Pays gros producteurs, très faibles consommateurs et gros exportateurs: Australie, Union-Sud-Africaine, Argentine, Nouvelle-Zélande, Uruguay, Algérie, Maroc, Brésil (avant 1914: Russie et Turquie).
- 2° Pays producteurs, consommateurs et importateurs: Angleterre, France, Etats-Unis, Pays-Bas, Allemagne, Belgique, Italie, Espagne.
- 3° Pays dont la production est utilisée sur place: Roumanie, Yougoslavie, Bulgarie, Grèce, Iran, Chine.

Les principaux pays qui fournissent de la laine à la Belgique, sont: l'Australie (65 % en 1955), la Nouvelle-Zélande et l'Union-Sud-Africaine.

L'industrie lainière comporte trois groupes d'opérations:

- 1) Conditionnement: région de Verviers;
- 2) Filature: Verviers, Mouscron, Bruxelles;
- 3) Tissage: Verviers, Renaix, Gand, Eeklo, Saint-Nicolas.

Production de la laine en milliers de tonnes: 1956-57

Australie	389
U.R.S.S.	271
Nouvelle-Zélande	144
Argentine	107
Union-Sud-Africaine	71
Etats-Unis	60
Uruguay	53
Gde Bretagne et Irlande du Nord	33
Espagne	21
Turquie	20
Brsil	18
Autres pays	<u>223</u>
Total (sans la Chine)	1.410

Participation au commerce mondial 1957-58

Australie	27,6 %
U.R.S.S.	19,2 %
Nouvelle Zélande	10,2 %
Argentine	7,6 %
Autres pays	35,4 %

L'industrie du lin

La culture du lin est une spécialité qui se rencontre principalement dans les deux Flandres et dans le Nord du Tournaisis.

Les centres de rouissage et de teillage, même pour compte de l'étranger, sont le bassin de la Lys, Eeklo et Saint-Nicolas. Les filatures se trouvent localisées à Gand, Courtrai et dans le secteur Lokeren-Termonde, cependant que les tissages sont établis à Gand et dans la région délimitée par le triangle Courtrai, Roulers, Tielt. Notre pays importe de 50 à 60 % du lin brut alimentant nos usines linières. Les principaux fournisseurs sont les Pays-Bas et la France.

Fibres artificielles

L'industrie productrice de fibres artificielles se trouve en plein essor. Elle est représentée à Zwijnaarde, Alost, Ninove, Tubize, Bruxelles et Anvaing. A l'exception de l'usine d'Anvaing qui produit des fibres à base de caséine et est alimentée par des importations venant de France, toutes ces usines importent en ordre principal du Canada, des Etats-Unis, de la Suède, de Finlande, de Norvège.

Bonneterie

Pour être complet, signalons que la bonneterie est localisée dans les régions d'Alost, de St-Nicolas, de Bruxelles, ainsi que dans le Tournaisis.

Chapitre VIII

L E B O I S

Qu'est-ce que le bois ?

Le bois forme la partie rigide et consistante des tiges des végétaux ligneux, cette partie se trouvant comprise entre la moelle et l'écorce. Le bois est composé de différents tissus disposés suivant un certain ordre. Ces couches ligneuses sont déposées par cercles concentriques autour de la moelle. Comme chacun le sait, on les distingue nettement sur une coupe transversale d'un tronc ou d'une branche d'arbre. Les couches sont plus ou moins épaisses suivant les années. Chaque couche présente en outre deux zones différentes: l'une plus lâche, formée au printemps, l'autre, plus serrée, colorée, a pris naissance à l'automne, d'où les dénominations de bois de printemps et de bois d'automne.

En vieillissant, les couches de bois s'incrument de lignine, qui les durcit et les solidifie. Ce sont celles avoisinant le centre qui subissent les premières cette modification et passent à l'état de bois parfait ou dur. Les autres, plus pâles, forment le bois d'aubier. Le bois d'aubier imparfait n'est pas homogène et il est peu utilisé dans l'industrie.

Composition chimique du bois

Chimiquement, le bois est constitué par du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote; c'est donc une substance organique; elle est pénétrée de matières minérales: soufre, phosphore (à l'état de sulfates, de phosphates), potasse, chaux, magnésie, fer.

Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène donnent, en s'associant, de la cellulose et de la lignine, qui forment la partie essentielle du bois. Il faut y ajouter un peu de fécule, des sucres et des principes immédiats azotés. La proportion de chacun de ces éléments varie selon la nature des différentes espèces.

Distillation du bois

La distillation du bois se fait à 25 à 30° de la chaleur du bois, soit 10 de gaz carboniques, 5 à 6 centner d'eau, un peu très complexe (25 à 30 centner de résineux) et 25 à 30% d'un produit liquide comme l'huile essentielle de bois ou essence de bois, et un peu de l'acide pyroligneux. On sépare de produits qu'on sépare en acide pyroligneux (surtout acide acétique, et méthane (alcool méthylique, etc...)).

Formes et dénominations du bois

1. Le bois en grumes: bois coupé, mais non équarri auquel on laisse l'écorce.

2. Le bois de brin: bois formé par des arbres non équarris. Il est utilisé dans les échafaudages.

3. Les bois d'équarrissage : ils présentent des faces planes. On appelle équarrissage la transformation d'une pièce de bois en un tronc de pyramide rectangulaire droit ou en un parallépipède rectangle avec arêtes plus ou moins vives.

4. Les bois de sciage, débités à la scie et dont les dimensions les plus employées sont:

a) en charpente:

Les rouges de 0,30 m à 0,40 m sur 0,36 m à 0,50 m de section,

Les solives de 0,14 m x 0,20 m,

Les padrions de 0,08 m x 0,22 m,

Les chevrons de 0,08 m x 0,08 m;

Les planches de 0,027 m à 0,054 m d'épaisseur;

Les voliges de 0,013 m à 0,022 m d'épaisseur.

b) en menuiserie:

Les membresures de 0,08 m d'épaisseur à 0,16 m de largeur;

Les chevrons de 0,08 m d'épaisseur à 0,08 m ou 0,10 m de largeur;

Les doublottes de 0,054 d'épaisseur sur 0,31 m à 0,33 m de largeur;

Les planches de 0,034 m à 0,047 m d'épaisseur sur 0,22 m à 0,25 de largeur.

Cubage des bois à ouvrir

Lorsque les troncs d'arbres sont destinés à être convertis en pièces de charpente, il convient de tenir compte, lors du cubage, de ce que tout le volume n'est pas utilisable. Le sciage en long fait tomber les parties rondes, lesquelles ne sont plus bonnes qu'à former des lattis ou des bois de chauffage.

Le rendement des bois ronds transformés en pièces de charpente est très variable. On admet, avec exagération au profit de l'acheteur, que la perte est de 45 % pour les bois équarris grossièrement et de 50 % pour les bois purgés d'aubier et équarris à vive arête.

On calculera donc le volume de l'arbre en grume et on prendra les cinquante centièmes, ou les cinquante-cinq centièmes suivant le cas.

Classification pratique des bois

A. Bois indigènes

1. Bois durs, à fibres, résistantes: chêne, hêtre, frêne, noyer, châtaignier.
2. Bois fins, à fibres serrées, compactes, homogènes: cormier ou sorbier; poirier et pommier; alisier; cerisier et merisier; cornouiller, buis, olivier (en France, en Italie, etc.).
3. Bois blancs, tendres, à fibres lâches, de couleur claire: peuplier, tremble, bouleau, aune, tilleul, érable, charme, acacia, marronnier.

4. Bois résineux ou conifères, à vaisseaux spéciaux, secrétant la résine (le bois est élastique): pin; sapin et épicéa; mélèze.

B. Bois exotiques

Acajou, ébène, palissandre, thuya gaya, bois de rose, teck ou teack, cèdre, pitchpin.

Les principales essences indigènes, leurs propriétés et leurs usages:

I - Bois durs

Chêne

1. Chêne indigène: bois, lourd, nerveux, rude, très résistant. Le désavantage consiste en ses petites dimensions.

Usages: traverses de chemin de fer; charpenterie, menuiserie, ébénisterie; parquets. L'écorce pulvérisée constitue le tan qui peut servir au tannage des cuirs. Les excroissances parasitaires appelées galles constituent la matière première d'une encre noire, qui contient des sels de fer.

2. Chêne de Slavonie: bois fin et très dur.

Usages: menuiserie, ébénisterie; parquets; bateaux.

3. Chêne américain: bois très résistant à l'humidité.

Usages: charpenterie, menuiserie; sculpture.

Hêtre

Couleur rougeâtre. Chauffé dans la vapeur d'eau, il peut se courber facilement. Est employé pour les bois courbés, chaises, fauteuils. Impropre à la charpente. Excellent bois de chauffage.

Orme

Bois rougeâtre, veiné au coeur, à grain fin. Bon bois de chauffage. Il se laisse forer et percer aisément (moyeux de roues). Facilement attaqué par les vers.

Frêne

Bois de couleur blanc-jaunâtre, très élastique, estimé pour le travail.

Usages: meubles, timon, manches d'outils et de jouets, échelles, brancards, sabots. Les excroissances appelées loupes sont employées en tabletterie. Comme bois de chauffage, il se classe après le hêtre.

Noyer

Bois veiné, brun, à aubier très distinct. Il se coupe dans tous les

sens et est donc facile à travailler au tour. Il prend bien le poli.

Usages: menuiserie et surtout ébénisterie; bois contreplaqué; sculpture.

Châtaignier

Le bois ressemble à celui du chêne mais il n'est pas maillé. Excellent bois de fente (merrains, échelas, manches d'outils, etc.), il a le désavantage de pourrir sous les intempéries, mais il résiste à l'eau et, par suite, peut servir à faire des pilotis.

II - Bois fins

Cormier ou sorbier

Bois rouge brunâtre qui se polit bien.

Usages: outils; instruments de dessin; crosses d'armes à feu.

Poirier et pommier

Ressemblent beaucoup au cormier mais n'ont pas sa qualité. Ils servent aux mêmes usages (et aussi sculpture, moules, meubles anciens).

Alisier

Bois blanc rougeâtre employé en tournage (outils, instruments de musique).

Cerisier

Bois rouge brunâtre clair. A peu près les mêmes usages que le poirier. Plongé dans l'acide nitrique, il imite l'acajou.

Cornouiller

Bois dur dont on fait des manches d'outils, des échelas, des cercles, des fourches, des objets de tour, des rayons de roues.

Buis

Bois très dur, très dense, de couleur jaunâtre, sert à faire des ouvrages de tour, de lutherie, pièces de jeux d'échecs, de petits meubles, etc. Mais il est presque exclusivement réservé pour la gravure et provient surtout pour cet usage des forêts du Caucase.

Olivier

De teinte jaune, parcouru par des veines brunâtres, ce bois très dur est susceptible d'un beau poli et sert à la fabrication de menus objets, de bibelots très appréciés.

III - Bois blancs

Peuplier

Bois blanc, léger qui ne sert guère qu'en menuiserie commune, pour les caisses d'emballage et les voliges.

Tremble

Son bois ressemble beaucoup à celui du peuplier mais il est moins résistant. Il sert surtout à la fabrication des allumettes et de la pâte à papier.

Bouleau

Le bois de bouleau est léger, blanc ou légèrement gris. Il ne prend pas la vermoulture. Utilisé en menuiserie et pour la fabrication des sabots. Avec les ramilles, on fait des balais. L'écorce contient une résine odorante qui doit ses propriétés à la bétuline: on l'utilise pour parfumer le cuir de Russie.

Aune

Bois rougeâtre, doux, cassant, se travaillant au tour (carcasses de meubles et meubles façon "bambou"). Il pourrit facilement à l'humidité mais il est inaltérable à l'eau (pilotis).

Tilleul

Bois blanc rougeâtre, tendre, léger, facile à travailler au tour (jouets, pièces tournées, moulures). Le liber contient des fibres employées pour fabriquer des cordages grossiers.

Erable

Bois de couleur blanche, à grains fins, dur.

Usages: parquets, violons, placage. Les loupes de la tige sont employés à la confection de petits meubles.

Charme

Bois blanc (devenant brun), dur, compact, lourd, résistant.

Usages: dents d'engrenage, vis de presseur, manches d'outils, roues.

Acacia

Bois jaunâtre, résistant mais peu souple, se cassant brusquement: pieux, échelas, échelles.

Marronnier

Bois mou, utilisé en tabletterie.

IV - Bois résineux indigènes

Pin

Bois blanc, légèrement jaune ou brun.

Usages: chauffage, menuiserie commune, pavés de bois, poteaux, voliges, traverses de chemin de fer.

Le pin maritime (France) fournit la résine et ses dérivés.

Les pins du Nord (Norvège) donnent des mâts et la pâte à papier.

Sapin et épicéa

Les bois se rapprochent beaucoup de celui du pin.

Mélèze

Bois à grains plus fins, plus serrés que les précédents. (Traverses de chemin de fer, construction maritime. La résine donne la térébenthine de Venise. La manne de Briançon est un exsudat sucré, produit par les feuilles tombées.

Bois exotiques

En général, les arbres qui fournissent ces bois sont de plus grandes dimensions que les essences indigènes, ce qui, en menuiserie et en ébénisterie constitue un grand avantage.

Ces bois durs, qui se polissent bien, présentent très souvent de belles teintes, fort nuancées. Le nombre de variétés est considérable. Le défaut est que, dans de nombreux cas, ces bois sont aisément attaqués par divers parasites animaux ou végétaux. On corrige ce défaut par divers traitements. Nous citerons:

Acajou

Bois d'une belle teinte rouge; très résistant; ne joue pas (ébénisterie, placage).

Palissandre

Bois brun violet, veiné (ébénisterie, marqueterie, placage).

Limba

Bois noir, très dur. Même usage que le précédent.

de
Les bois/ teck (dur et résistant) et de sumac conviennent aux constructions navales et au pavage.

On fait des poulies avec le bois de gayac.

Deux bois durs et résistants, le limba (qui ressemble au bois de noyer) et l'okumé (qui rappelle l'acajou) entrent dans la fabrication de meubles.

Quant au bois de palmier, il convient au tournage: on en fait des boutons de porte.

Le bois de rose sert au placage des meubles de prix.

Le bois moucheté de certaines loupes de thuya ressemble à la peau du léopard.

Le cèdre sert à la fabrication des crayons.

Le bois de sapin américain (pitch-pine, white-pine, yellow-pine, red-pine, cochin-pine) se caractérise par sa bonne qualité et surtout ses grandes dimensions.

Classification douanière et commerciale
du bois et des ouvrages en bois

1. Bois de chauffage en rondins, bûches, ramilles, fagots, déchets de bois et sciures.
Le bois de chauffage est étudié au chapitre II: Combustibles.
2. Charbon de bois.
Étudié au chapitre II.
3. Bois ronds, bruts, même écorcés ou dégrossis à la hache.
4. Bois équarris à la hache ou à la scie.
5. Bois simplement sciés de long. Ce sont les bois simplement sciés en planches, poutres, poutrelles, madriers, chevrons, voliges, lattes.
6. Traverses pour voies ferrées.
7. Merrains.
Ce sont les bois préparés pour douves, douvelles et pour fonds de futailles.
8. Bois feuillards.
Ce sont les vorges de saule, de noisetier, de bouleau, etc. fendues, même décortiquées ou travaillées à la plane, ou rabotées pour la fabrication des cercles de futaille.
9. Bois pour cannes, manches d'outils, poignées et similaires.
10. Farine de bois: sciures finement moulues destinées à diverses industries et à la fabrication du bois artificiel.
Laine ou paille de bois: fibres de bois frisées en masse ou en cordes, servant à l'emballage et au rembourrage.
11. Bois raboté et bois artificiel (xylolithe et similaires). Ce dernier est obtenu par pressage de sciures ou de farine de bois avec des liants.
12. Lames et panneaux pour parquets.

13. Feuilles de placage.
Elles sont généralement déroulées ou tranchées, ne dépassent pas trois millimètres d'épaisseur.
14. Bois contreplaqués.
Les bois contreplaqués, ou compensés, sont formés de plusieurs feuilles de placage superposées en sens contraire et collées.
15. Baguettes pour meubles, pour cadres et pour décors intérieurs.
16. Caisso d'emballage (en bois).
17. Futailles, cuveaux, seaux.
Ce sont les ouvrages de tonnellerie munis de cercles et accessoires.
18. Pièces de charpente et ouvrages de menuiserie pour bâtiments.
Ce sont les poutres, poutrelles, portes, fenêtres, stores, etc.
19. Pièces de charonnage.
Ce sont les moyeux, timons, rayons, jante de roues.
20. Articles de ménage et outils en bois.
21. Ouvrage de tournerie.
Pièces passées au tour afin d'obtenir non seulement des surfaces cylindriques ou de révolution, mais également des moulures.
22. Meubles.
23. Tabletterie et articles de fantaisie.
Cette position vise la tabletterie de bois (comme boîtes, coffrets, étuis, écrins, etc.) ainsi que les petits meubles de main (Kleinnöbel), les objets d'étagère, de fantaisie et de parure.
24. Ouvrages divers.
Malles, boîtes d'emballage, valises; modèles pour fonderie; cages pour pondules, pour oiseaux; cercueils; etc.

GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Les arbres européens comprennent huit résineux et trente feuillus environ.

La Suède, la Norvège et la Finlande fournissent les beaux sciages en épicéa, connus sous le nom de bois du Nord.

La Forêt-Noire (Allemagne) produit des débits de sapin moins chers que les précédents mais aux grains plus lâches, et des perches et boulins d'échafaudage.

Les chênes et les sapins de l'Est de l'Europe font la concurrence aux chênes et aux pins d'Oregon, de l'Ouest américain.

Depuis longtemps, l'ébénisterie emploie les essences exotiques sous le nom de bois précieux ou bois des Indes (acajou de l'Amérique tropicale, ébènes d'Afrique, amboine des Moluques, cèdres de Virginie, courbaril du Brésil, gaïac des Antilles, bois de rose et d'amarante des Guyanes, santal des Indes, etc.).

Mais il en est qui sont demandés également pour la construction, tels que le pitch-pin des Etats-Unis, aux veines rougeâtres, donnant de beaux parquets, le teck du Siam et du Laos, recherché pour le matériel des chemins de fer et la construction navale.

Après la guerre de 1940-45, les besoins en bois de l'Europe ont augmenté dans de très fortes proportions. Ce fait a été le point de départ d'une demande accrue de bois tropicaux et, partant, a stimulé le développement rapide des exploitations forestières des pays tropicaux.

Ce qui concerne le Congo le régime de Léopoldville et, plus spécialement le Bas-Congo et celui du Lac Léopold II, sont les principaux producteurs de bois du pays.

La création d'usines de tranchage et de déroulage témoigne d'un progrès sérieux de l'industrialisation du pays. Elle a permis notamment d'utiliser des essences jusqu'à présent considérées comme non commerciales. De nouvelles zones d'exploitation pourront ainsi être ouvertes, notamment en Ubangi et dans la Province Orientale.

En Belgique, les grands centres de l'industrie du bois (fabrication des meubles) sont Malines, Brunnelle et Anvers.

STATISTIQUES - Production mondiale (en 1.000 tonnes) - 1956

Résineux = 233,500

Etats-Unis	30,6 %
U.R.S.S.	27,8 %
Autres pays	41,6 %

Feuillus = 50,500

Etats-Unis	30,6 %
U.R.S.S.	19,4 %

Chapitre IX

LE PAPIER

Le papier constitue la "substance obtenue à partir d'une pâte fibreuse cellulosique qui, étendue en couches minces, puis séchée, donne une feuille, lisse, résistante et souple, susceptible de recevoir l'écriture ou l'impression". (G. COURTET).

La fabrication du papier sera décrite dans le cours de technologie.

Sources de cellulose

Chiffons de lin et de coton.

Bois: principalement un épicéa dont les forêts couvrent le Nord de l'Europe et de l'Amérique et, en petites quantités, le tremble, le châtaignier, etc.

Alfa: on provenance de l'Afrique du Nord.

Paille de céréales.

Le bois en est, de beaucoup, la principale source; viennent ensuite l'alfa et le chiffon.

La consommation de papier croissant sans cesse (journaux, périodiques, publicité, emballage, etc.) les forêts ne pourront plus suffire à la demande. Il faudra faire appel, un jour, à des plantes de culture annuelle ou à des produits de synthèse.

À la fin du XVIII^e siècle, la rareté du chiffon et son prix toujours croissant engagèrent les industriels à chercher d'autres matières propres à le remplacer. GUETARD et GLEDITSCH traitèrent ainsi un grand nombre de plantes telles que la chènevotte, les orties, les mauves, le coton, la filasse, l'algue marine, le fucus et même quelques matières animales telles que: cocons de vers à soie, coques de chenilles, chiffons de soie, etc. Dès 1771, on avait produit, à Bruxelles, des papiers de bois. Quelques années auparavant, le naturaliste allemand SCHEFFLER publia un ouvrage relatif aux différentes substances dont il avait fait l'essai, telles que: sciure de bois, copeaux de bois, de pin, de frêne, de hêtre, de saule, tiges de houblon, sarments de vigne, feuilles d'arbre, de choux rouges, tiges de bardane, pommes de pin, etc. Il était même allé jusqu'à fabriquer du papier avec des nids de guêpe. Néanmoins, ces nombreux essais n'eurent pas de résultats pratiques avant le commencement du XIX^e siècle.

Après 1815, de très nombreux brevets furent pris pour l'emploi de succédanés du chiffon. On fit des papiers de paille, de sparte, de colza; on employa les résidus de pomme de terre, la pulpe de betterave, les résidus de

canne à sucre, de sorgho, la liqueur des asperges, la réglisse, le pavot, le tabac, la rose trémière, les fibres de racines de navet, le topinambour, les mauvaises herbes, les fibres du tan, le tan épuisé, les déchets de cuir, les écorces de figuier, acacia, tilleul, genêt, l'ortie, les bois de peuplier et de chêne, la mousse, etc.

On fabrique également du papier de riz.

Pâtes à papier

On comprend, sous cette dénomination, les pâtes à papier de toute espèce, c'est-à-dire les pâtes de chiffons, de bois, de paille, d'alfa et d'autres fibres végétales, blanchies ou non.

Ces pâtes sont généralement importées, soit en feuilles à l'état humide, soit en feuilles séchées, lacérées ou perforées de façon à ne plus pouvoir être utilisées comme carton ou papier. Telle est la règle de la douane.

Dans les pâtes de bois, de paille, etc. on distingue les pâtes mécaniques et les pâtes chimiques.

Les pâtes mécaniques sont obtenues par un simple râpage du bois, sans l'intervention d'agents chimiques. On obtient ainsi des pâtes à fibres très courtes, qui sont le plus souvent employées additionnées - en plus ou moins grande quantité - à des pâtes chimiques. La douane classe aussi, avec la pâte mécanique, les pâtes dites mi-chimiques, fabriquées au moyen de bois, de paille ou d'autres fibres végétales, par la cuisson ou par l'étuvage en autoclave, sans l'intervention d'aucun agent chimique. La plus importante de ces pâtes mi-chimiques est la pâte brune. Elle sert à la fabrication des papiers et cartons bruns.

La pâte chimique, ou cellulose, est obtenue par le traitement du bois dans des autoclaves, au moyen d'agents chimiques. On dissout ainsi la lignine du bois de façon à libérer les fibres. On obtient alors une pâte à longues fibres, en quelque sorte feutrée, qui est aussi tenace que celle du chiffon et susceptible des mêmes applications. Ces pâtes entrent dans la fabrication des papiers de bonne qualité.

Qualités de papier

Les qualités fines de papier sont généralement obtenues à l'aide de chiffons ou de certaines pâtes chimiques, ou encore de mélanges de chiffons et de bois. Les qualités moyennes proviennent de pâtes de bois, d'alfa, etc. Enfin les papiers grossiers sont surtout des papiers de paille et de pâte mécanique.

Le vergé et le vélin

Parmi les papiers on distingue soit le vergé, soit le vélin. Ces deux termes s'opposent. Le vergé est du papier présentant des filigranes linéaires obtenus soit à la forme, soit au moyen de rouleaux portant en relief un réglage particulier. Tout papier non vergé est du vélin. Tel est le papier journal.

Papiers communs d'emballage

Ils comprennent les papiers de couleur naturelle ou teints dans la masse, autres que de couleur blanche, rugueux au moins sur l'une de leurs faces, les papiers de paille, de vieux papiers ou de fibres végétales grossières, les papiers de teinte brune.

Papiers pour impression

Ces papiers constituent la masse la plus considérable de la production papetière. Ils comprennent une gamme presque infinie de produits depuis le papier journal, le papier pour affiches, jusqu'aux papiers pour tirages de luxe: japon, chine, papiers à la cuve, papiers à la main. Retenons aussi les papiers particuliers, nécessités par les diverses formes d'impression: papier couché pour les tirage de similis, papier pour offset, pour hélio.

Papiers pour journaux

Papiers non encollés, ni couchés, ni glacés, ni satinés, ni parcheminés, en rouleaux d'une largeur minimum de 34 cm, pesant de 45 à 55 grammes par mètre carré et contenant au moins 60 % de pâte de bois mécanique.

Papiers couchés, papiers émaillés

Ces spécifications concernent les papiers dont la surface a été enduite d'une couche de matière minérale, généralement de blanc fixe, de sulfate de baryte, de craie ou de céruse mélangée avec de la gomme arabique ou une matière analogue. Le papier ainsi préparé reçoit ensuite un certain brillant au moyen d'une calandre. Recouvert d'un vernis transparent, le papier couché devient le papier émaillé.

Papier à cigarettes

Papiers minces, traités au peroxyde de magnésium ou au salpêtre, ainsi qu'au carbonate de calcium ou de magnésium. Ces papiers peuvent être imprégnés de goudron ou de jus de réglisse.

Papier journal

C'est un papier sans colle, très fin, fait de chiffons de coton comme les papiers à filtrer. Il est employé pour l'emballage d'objets fragiles en verrerie soufflée, pour le conditionnement des ampoules médicales, l'essuyage des instruments de chirurgie, d'orfèvrerie, etc.

Papier buvard

Les papiers buvards de bonne qualité sont en pur chiffon. Pour en diminuer le prix, on charge la pâte avec du kaolin ou du talc. On fabrique également des buvards de médiocre qualité (cahiers d'écoliers) en mélangeant des pâtes de tremble et de châtaignier.

Noms commerciaux du papier

Le papier en format est livré en pages de 100 feuilles (450 pour les papiers d'emballage).

Le papier se vend aux 100 kr ou à la rame, c'est-à-dire, en ce cas, la rame se subdivise en vingt mains de 25 feuilles.

Le tableau suivant donne les dimensions et les usages des formats les plus employés:

	Largueur	Hauteur
Grand monde (cartes géographiques, dessins)	1,20 m	0,90 m
Grand aigle (cartes géographiques, grands registres, etc.)	1,00 m	0,75 m
Grand colombier (cartes, dessins, gravures)	0,90 m	0,63 m
Grand soleil (grands ouvrages)	0,80 m	0,60 m
Grand jésus (dessins, impression, écriture)	0,76 m	0,56 m
Jésus ordinaire (impression)	0,72 m	0,55 m
Petit jésus	0,68 m	0,52 m
Raisin (impression)	0,65 m	0,50 m
Petit raisin (impression)	0,64 m	0,49 m
Cavalier (impression)	0,62 m	0,46 m
Double cloche (écriture)	0,58 m	0,39 m
Carré (impression, écriture)	0,56 m	0,45 m
Coquille (écriture)	0,56 m	0,44 m
Ecu (écriture)	0,52 m	0,40 m
Couronne (écriture, impression)	0,46 m	0,36 m
Tellière (tableaux, comptes, dessins, etc.)	0,44 m	0,34 m
Florette (exportation)	0,44 m	0,34 m
Pot ou écolier	0,40 m	0,31 m
Cloche de Paris (écriture)	0,39 m	0,29 m

La plupart de ces noms curieux ont pour origine les marques des anciens fabricants, tels sont ceux de cloche, couronne, coquille, grand aigle, écu, jésus, etc. Quelques-uns proviennent d'autres circonstances. Ainsi le papier tellière, ou papier ministre, a été ainsi appelé parce qu'il a été primitivement fabriqué pour le Tellier, marquis de Louvois, ministre de Louis XIV. Le papier de soie, dit papier Joseph, a reçu cette dernière dénomination parce que c'est Joseph Montgolfier qui l'a préparé en France, pour la première fois. Quand au papier vélin, il a été ainsi nommé parce que, placé entre l'oeil et la lumière, il offre l'aspect du vélin véritable. Il a été inventé, en 1750, par l'imprimeur anglais Baskerville, et introduit en France, en 1780 ou 1781 par M. Johannot, papetier à Annonay.

Cartons et cartes

Le carton est analogue au papier et se fabrique par la même méthode. Les diverses pâtes employées proviennent de vieux papiers ou de pâtes de bois, de paille, d'alfa, de chanvre, etc.

La charge qu'on leur ajoute est généralement formée de craie pulvérisée. On considère souvent comme cartons les produits pesant 300 grammes et plus par mètre carré. Les articles pesant moins de 300 grammes sont traités par la douane comme papiers.

Les cartons vulcanisés ont subi un traitement qui vise à détruire la structure fibreuse du papier et à en faire une masse homogène. Ils sont connus dans le commerce sous le nom de carton américain, ebunoïd, leatheroïd, etc. Ils servent surtout à des usages techniques (pièces de machine) et à la fabrication d'articles de voyage.

La carte est formée par plusieurs épaisseurs de papier collés les unes aux autres.

GEOGRAPHIE ECONOMIQUE DU PAPIER

Production mondiale de papier (1957)

	En milliers de tonnes	En %
Etats-Unis	13.435	34,4
Canada	6.645	17
Allemagne fédérale	2.559	6,5
Grande-Bretagne	2.425	6,2
F.R.G.	2.100	5,4
Japon	2.050	5,2
France	1.668	
Suède	1.421	
Finlande	1.165	
Autres pays	5.611	25,3
	39.105	100

Importations

Les pâtes de bois, que nos usines doivent importer, proviennent principalement de la Finlande et de la Norvège. Nos fournisseurs de papier journal sont en ordre principal les Pays-Bas, la Finlande et le Canada, et, pour le papier d'emballage, la Suède et la Finlande.

Localisation

Nos papeteries sont localisées dans le Brabant (entre la Senne et la Dyle), à Turnhout, Anvers, Gand, Huy, Malmédy et Saint-Servais.

Chapitre X

C A O U T C H O U C

A. CAOUTCHOUC NATUREL

Généralités

Le caoutchouc résulte de la coagulation du latex de nombreuses espèces végétales qui, bien qu'appartenant à des familles de plantes très éloignées les unes des autres dans la classification végétale, présentent un caractère commun, celui de posséder un système de vaisseaux laticifères, non cloisonnés. Chacun d'eux provient d'une même cellule initiale spécialisée, s'accroissant et se ramifiant à l'infini dans les tissus. Le nombre de ces cellules paraît fixe dans l'embryon et caractéristique pour chaque espèce.

Les familles végétales dans lesquelles on constate la présence de ces laticifères sont les Urticacées, Euphorbiacées, Apocynacées, Asclépiadiacées.

En outre, on a pu retirer du caoutchouc de certains végétaux à laticifères articulés, c'est-à-dire à tubes formés d'éléments allongés dont les parois transversales disparaissent partiellement ou même totalement et qui s'anastomosent entre eux pour former un réseau compliqué; mais ce caoutchouc est toujours inférieur, par ses qualités physiques surtout. Tel est le caoutchouc du guayule (Parthenium argentatum) et celui du Gu-Sarbiz, de la famille des Composées.

Laticifères et latex

Les laticifères sont des éléments cellulaires dont le cytoplasme (plasma, protoplasma ou matière vivante qui remplit chaque cellule) produit des gouttelettes terpéniques qui tombent dans la vacuole (petite poche dans le protoplasme) et s'y accumulent à l'état d'émulsion, comme les gouttes de graisse dans le lait. Lorsqu'on incise un organe contenant des laticifères, il s'en écoule un liquide aqueux, trouble ou laiteux, appelé latex (mot latin, signifiant liquide). Au point de vue chimique, les latex sont des mélanges extrêmement complexes.

Les latex de quelques plantes, chauffés ou additionnés de sel suivant certaines techniques, produisent un coagulum de polyterpènes: le caoutchouc ou gutta-percha, suivant les espèces.

Le caoutchouc

Le caoutchouc brut se présente, suivant les manipulations qu'on

lui a fait subir, comme une masse élastique dont la couleur normale est blanchâtre (caoutchouc crêpe) ou plus ou moins brun foncé. Si on l'étire, il revient, en le lâchant, à ses dimensions premières; mais il possède l'inconvénient de durcir par le froid et d'être difficilement utilisable à l'état pur.

C'est pourquoi on lui fait subir une opération chimique qui consiste à incorporer dans sa masse une certaine quantité, indispensable, de soufre additionné de différents corps, les uns accélérateurs, les autres antioxygènes, qui assurent sa conservation et, surtout, lui confèrent la qualité de rester élastique à de basses températures. C'est cette opération, dite vulcanisation, qui a fait la richesse de cette industrie.

Plantes à caoutchouc

Les laticifères se présentent, dans de nombreuses familles de phanérogames, sous forme de longs tubes ramifiés. On trouve de tels laticifères dans les monacées (ficus, antianis, etc.) et les euphorbiacées (landolphia, etc.), les latex qu'ils contiennent sont souvent d'un grand intérêt. Ceux de ficus elastica, de certains landolphia, de manihot glaziovii, et surtout d'hevea brasiliensis, arbre d'origine brésilienne désormais cultivé dans la plupart des contrées tropicales, sont utilisés pour la préparation du caoutchouc.

On peut établir une classification d'après la nature de la plante caoutchoutifère :

a. Arbres à caoutchouc:

- Hévéa (hevea brasiliensis);
- Funtumia elastica (ou kickxia elastica, ou ineh): famille des apocynacées; se rencontre fréquemment dans la forêt équatoriale congolaise;
- Manihot glaziovii ou caoutchoutier de Ceara (fam. des euphorbiacées), originaire du Brésil; introduit au Congo en 1893;
- Ficus elastica (fam. des monacées) premier arbre à caoutchouc cultivé (planté à Java dès 1865);

b. Lianes à caoutchouc

Elles appartiennent toutes à la famille des apocynacées et sont très répandues dans la forêt équatoriale congolaise. Le genre landolphia compte quatre espèces de liane qui fournissent le caoutchouc dit "rouge du Kasai".

Le genre clitandria fournit au contraire un caoutchouc noir.

c. Herbes à caoutchouc

Le caoutchouc des herbes est fourni par les tiges souterraines de plantes croissant dans les savanes soumises périodiquement aux feux de brousse. La principale espèce est landolphia thollonii.

L'hévéa

Origine

L'hévéa (*hevea brasiliensis*) est originaire des forêts du bassin amazonien. Il est le seul d'une série d'espèces très voisines à être exploité industriellement sur une grande échelle. C'est vers 1860-65 que des graines furent exportées en fraude du Brésil. Elles furent envoyées en Extrême-Orient où leur descendance fut rapidement soumise à la sélection.

Description

Euphorbiacée ligneuse (arbre) pouvant atteindre 25 à 30 m à l'état spontané. En culture, sa hauteur est généralement moindre.

Préparation du caoutchouc au Congo

A l'usine, le latex (obtenu par saignée méthodique de l'hévéa) est d'abord séparé des lumps (coagula spontanés) et débarrassé, par tamisage, des grosses impuretés. Il est ensuite dilué et porté à une concentration standard de 16 à 18 % de caoutchouc sec, par l'adjonction d'une quantité déterminée d'eau. Après un mélange intime, le latex dilué subit une filtration très soignée. Il est enfin versé dans les bacs de coagulation, où on l'y additionne d'un coagulant (acide formique, acide acétique) et l'y brasse; il y est ensuite laissé au repos, après en avoir enlevé les écumes. Celles-ci donneront une qualité de caoutchouc appelée skimmings.

Les bacs de coagulation sont parfois encore constitués par des cuvettes rectangulaires, produisant chacune une feuille ou sheet. Ces feuilles forment la plus grande partie du caoutchouc produit dans les plantations. A côté de cette catégorie, on travaille en usine le caoutchouc provenant des lumps, des scraps, du bark rubber (latex coagulé sur l'écorce), des écumes, du latex de terre. Ces qualités, dites secondaires, servent à la préparation de crêpes simplement séchés en l'absence de fumée.

Le caoutchouc dans le commerce et l'industrie

Le caoutchouc naturel provient du suc laitoux ou latex d'un grand nombre de végétaux et surtout des arbres appelés hévéa. Ce suc est généralement coagulé, soit par traitement à l'acide acétique, soit sous l'influence de la fumée.

Le latex de l'*hevea brasiliensis* donne un caoutchouc brut de première qualité, connu sous le nom de para. Ce caoutchouc se présente en gros pains composés de minces pellicules superposées, et d'un blanc jaunâtre à l'intérieur.

Les caoutchoucs d'Afrique, provenant le plus souvent de lianes, et de moindre qualité, sont ordinairement importés en boules d'un brun noirâtre.

Le produit de l'hévéa récolté en Asie orientale et dans les Indes néerlandaises se présente sous forme de feuilles lisses, transparentes, de couleur ambrée, ou sous forme de crêpes (feuilles à surface granuleuse)

plus ou moins blanches. Ces feuilles ou ces crêpes peuvent aussi présenter des surfaces striées régulièrement (diamond sheets) ou être teintés par l'enfumage (smoked sheets). On sait que sheet, en anglais, signifie feuille.

Le caoutchouc spongieux ou caoutchouc mousse est obtenu en insufflant de l'azote dans la pâte, avant vulcanisation et sous forte pression.

Le caoutchouc durci, appelé ébonite, ou stabilite, est obtenu en associant une proportion importante de soufre au caoutchouc naturel. Dans cet état, il n'a plus ni extensibilité, ni élasticité, mais possède une dureté comparable à celle de la corne; il peut être travaillé au four et prend un beau poli.

Le caoutchouc régénéré, ou récupéré, provient du traitement des vieux ouvrages en caoutchouc, il se présente sous forme de gros boudins ou de plaques rugueuses.

Le latex concentré est obtenu par évaporation, dans le vide, de latex non coagulé; il sert à l'imprégnation de fibres textiles (très solides) et à la confection de coussins très souples.

B. CAOUTCHOUCS ARTIFICIELS

Caoutchouc synthétique

Le caoutchouc synthétique ou artificiel est obtenu par voie chimique, en partant de produits minéraux (huiles minérales, charbon, chaux). Parmi les caoutchoucs synthétiques les plus connus, figurent les produits appelés: buna, néoprène, butyl et thicokol.

Le caoutchouc est un produit de polymérisation de l'isoprène, carbure diéthylénique. Dans le produit naturel, les radicaux isoprènes sont groupés en une chaîne ouverte très longue. Lorsque la matière n'est pas tendue, ces longues chaînes sont enroulées les unes autour des autres; à l'état de tension, elles se déroulent et prennent une orientation régulière.

La polymérisation artificielle de l'isoprène obtenu par synthèse, donne un produit inutilisable et l'on préfère réaliser la synthèse de matériaux voisins du caoutchouc, au moyen de dérivés du butadiène.

Le buna (allemand) provient de la polymérisation du butadiène fabriqué lui-même à partir de l'acétylène. Très résistant à l'usure, on l'emploie mélangé au caoutchouc naturel. Il peut être vulcanisé.

Certains caoutchoucs artificiels présentent des propriétés spéciales qui ne se retrouvent pas dans le caoutchouc naturel.

Caoutchouc factice

Le caoutchouc factice, obtenu en faisant subir un traitement spécial à certaines huiles, n'est actuellement plus guère employé. C'est une matière de remplacement de produit naturel, en période de pénurie.

Pour produire les factices, ou huiles vulcanisées, on utilise de préférence les huiles siccatives: huiles de lin, de colza, de navette.

Les factices noirs sont obtenus avec le soufre, les factices blancs avec le chlorure de soufre.

C. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

1. Longtemps le caoutchouc resta un produit de cueillette que fournissaient les forêts de l'Amazone, des Guyanes et du Congo.

2. Le Brésil en posséda pratiquement le monopole jusqu'au début du XXe siècle.

3. Pour satisfaire à la demande croissante, on créa des plantations: Malaisie britannique, Indonésie, Ceylan, Indochine, Congo.

4. Ensuite, la crainte de la pénurie et de la guerre fit rechercher des produits de remplacement. Dès 1925, l'U.R.S.S. développe la culture du Koksaqhyz, de l'asclépiade et du guiéoula.

5. En 1936, les Allemands mettent au point le buna, caoutchouc synthétique.

6. Production de caoutchouc naturel en milliers de tonnes

	1934-38	1957	1958
Indonésie	353,6	696,5	624,4
Malaisie	422,7	649,0	674,2
Thaïlande	32,1	135,1	139,6
Ceylan	63,9	99,7	101,8
Vietnam (du Sud)	-	69,7	71,7
Liberia	1,6	38,8	43,0
Nigérie	2,3	33,3	37,5
Union Indienne	-	24,1	24,7
Congo	0,8	23,1	35,0
Brésil	16,2	22,7	22,1
Autres pays	61,8	141,0	212,0
	955,0	1.932,0	1.986,0

7. L'industrie du caoutchouc en U.E.B.L.

La gamme des produits de l'industrie belgo-luxembourgeoise de caoutchouc est très variée. L'un des principaux secteurs est constitué par l'industrie des pneus . Ensuite, viennent les articles techniques et les courroies de transmission.

La consommation de caoutchouc, en tant que matière première, comprend actuellement trois quarts de gomme naturelle (provenant principalement du Congo) et un quart de caoutchouc synthétique. Ce dernier est fourni en majeure partie par les Etats-Unis et le Canada. Il s'agit principalement du type GR-S et aussi de caoutchoucs synthétiques, tels que le butyl, utilisé

en quantités croissantes dans la fabrication de chambres à air et le néoprène, qui offre une grande résistance aux huiles et graisses.

8. Caoutchouc synthétique

Production de quelques pays (en 1.000 t.)

	1957
Etats-Unis	1.170,0
U.R.S.S.	425,0
Canada	134,0
Allemagne	85,8

Chapitre XI

MATIERES PLASTIQUES ET RESINES ARTIFICIELLES

Matières plastiques

Les matières plastiques sont des substances aptes à se déformer sous l'influence d'une force extérieure, et à conserver cette déformation quand la force a cessé d'agir. Leur plasticité permet de les travailler ou de les mouler, on obtient ainsi des objets de formes très diverses.

Quelques matières plastiques: le celluloïd, l'acétate de cellulose, les films cellulosiques (photographiques et cinématographiques), la cellophane; la galalithe, les bakélites.

Les plastiques

On désigne maintenant sous ce terme un ensemble de matériaux synthétiques aux propriétés extrêmement variées et qui se prêtent à la confection d'une foule d'appareils et d'objets d'usage courant.

Nature des plastiques

Ce sont des composés à très grosses molécules (macromolécules), obtenues, à partir de corps à molécules simples, par des processus de polymérisation ou de polycondensation. Le premier plastique qui fut produit, on tant qu'imitation de l'ivoire, fut le celluloïd (nitrate de cellulose + camphre). Le nitrate de cellulose sert également à donner, aux textiles, l'apparence du cuir (cuir artificiel).

Classification des plastiques

On distingue trois grandes familles de plastiques:

Groupe I: les plastiques directement dérivés de substances végétales (ex. cellulose) ou animales (ex. caséine).

Groupe II: les résines synthétiques thermodurcissables (les duroplastiques), qui durcissent à chaud à un point tel qu'on ne peut ensuite les faire changer de forme, même par l'action de la chaleur et de la pression (ex. bakélite).

Groupe III: les résines synthétiques thermoplastiques (les thermoplastiques), qui sont susceptibles de changer de forme sous l'action de la chaleur et de la pression, et cela un nombre indéfini de fois (ex. celluloïd, résines vinyliques).

Les principaux plastiques

A. Groupe I:

Ils dérivent de substances naturelles macromoléculaires. Les plastiques celluloseux comprennent le celluloïd, ou celluloïde, (inventé de 1863 à 1865 par des Américains, les frères Hyatt, introduit en Europe vers 1876) obtenu à partir de la nitrocellulose, de l'alcool et du camphre, et les dérivés de l'acétate de cellulose.

Les plastiques caséinés sont obtenus à partir de la caséine du lait. Leur type est la galalithe (pierre de lait, lactolite, formolite, cornalite, corne artificielle, etc.)

B. Groupe II (thermodurcissables):

Les phénoplastes comprennent la bakélite (inventée par le chimiste belge Baekeland) et les corps analogues, préparés à partir du formol et de différents phénols. Les aminoplastes sont obtenus par polycondensation entre le formol et un corps organique aminé.

Les résines glycérophtaliques, appelées encore alkydes ou glyptals, (de GLYcérine et de PHTAlique), résultent de la polycondensation entre la glycérine et l'anhydride phtalique.

C. Groupe III (thermoplastiques):

Les résines indo-coumariniques sont préparées à partir de produits cycliques provenant de la distillation du benzol. Les résines vinyliques (chlorure et acétate de polyvinyle, copolymères vinyliques) sont obtenues par polymérisation du chlorure ou de l'acétate de vinyle, à molécule peu chargée, présentant une double liaison. Les résines de polystyrène et les résines méthacryliques résultent de la polymérisation, à chaud et sous pression très élevée, de l'éthylène.

Les superpolyamides sont obtenues par polycondensation de diacides et de diamides: leur type est le nylon.

Enfin, les silicones sont des plastiques synthétiques où une partie du carbone se trouve remplacé par du silicium.

Applications des plastiques

Elle sont très nombreuses et ne cessent de croître. Citons: l'industrie électrique, la photographie, la cinématographie, les instruments d'optique, la construction automobile et aéronautique, la mécanique (engrenages légers), le bâtiment, l'aménagement, les articles de cuisine, les industries chimiques et métallurgiques, les industries alimentaires et pharmaceutiques (caoutchoucs, emballages), usages médicaux, imprimerie et art, verres de sécurité, jouet, etc.

Usage des silicones: lubrifiants peu altérables, isolants électriques, hydrofuges (imperméabilisation).

Plastifiants

Les plastifiants sont des substances, qui, ajoutées aux produits de synthèse, en améliorent la plasticité et la souplesse. Ils sont particulièrement utilisés pour les résines cassantes, comme le glyptal. Ce sont en général des solvants très peu volatils et à faible tension de vapeur.

GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

La fabrication des matières plastiques est - dans la majorité des cas - une branche de la pétrochimie.

Ce sont pratiquement les gaz libérés par le raffinage et le cracking du pétrole, ainsi que le gaz naturel, qui sont les matières premières de base de la pétrochimie. Celle-ci fournit le polyéthylène (produit plastique à qualités exceptionnelles, utilisé notamment pour les sacs et les tuyaux), ainsi que le phénol (produit important, également employé pour l'industrie des plastiques).

Cette situation explique la position prédominante des Etats-Unis dans la production des plastiques.

L'Europe poursuit actuellement son équipement et le retard sera progressivement résorbé.

A cet égard, le gaz naturel de Lacq (qui sera distribué dans les pays de la C.E.E.) jouera un rôle de premier plan.

En ce qui concerne la Belgique, et dès avant la seconde guerre mondiale, deux importantes usines fabriquaient les résines du type bakélite, les résines urée-formol, les poudres à mouler et les vernis qui en dérivent.

D'autre part, l'industrie des dérivés organiques du chlore (qui provient de l'électrolyse) contribue à fournir des matières premières pour l'industrie des plastiques par la fabrication du chlorure de vinyle et des résines vinyliques.

D'autres entreprises belges sont équipées pour mettre sur le marché des produits obtenus par injection et extrusion des matières plastiques (craquelin, feuilles, profils, tubes en polyéthylène, polystyrène ou chlorure de vinyle).

Chapitre XII

PLANTES STIMULANTES ET PLANTES A EPICORS

A. PLANTES STIMULANTES

Caféiers

Les caféiers sont tous originaires de l'Afrique centrale et tropicale.

L'utilisation alimentaire des graines de caféiers semble d'ailleurs être originaire d'Abyssinie. Elle s'étendit par la suite à l'Arabie. Vers le milieu du XVII^e siècle, l'usage du café était déjà très répandu en Turquie.

Introduit en Angleterre au début du XVIII^e siècle, il ne tarda pas à y connaître une grande vogue, tout comme dans le restant de l'Europe occidentale.

Les caféiers appartiennent au genre *Coffea* de la famille des rubiacées. Le genre *Coffea* comprend un grand nombre d'espèces, la plupart africaines, dont quelques-unes seulement présentent de l'intérêt.

Le café le plus estimé provient du *coffea arabica* ou caféier d'Arabie. Dès le début de son introduction en Europe, le café venait du Yomen, où il était embarqué dans le port de Moka (sur la rive orientale de la Mer Rouge): c'est pourquoi cette sorte a conservé le nom de moka sous lequel le café fut vulgarisé...

Au Congo, le caféier est cultivé un peu partout. On rencontre des plantations de *Coffea arabica* dans la région orientale d'altitude: au Kivu, dans l'Ituri, le Kibali, etc., et principalement dans le Ruanda-Urundi. Quant au *coffea robusta*, on le trouve surtout le long de l'équateur, dans les districts de Stanleyville et de Coquilhatville, et encore dans l'Uélé, dans l'Ubangi, au Bas-Congo, au Maniema, au Kasai, etc. Le café est la graine torréfiée du caféier ou cafier.

Le fruit indéhiscent (c'est-à-dire ne s'ouvrant pas spontanément), charnu (appelé en botanique drupe) contient deux fèves. Après avoir subi un traitement approprié, ces fèves portent le nom de café vert ou café marchand.

Torréfier, c'est soumettre à un feu vif qui produit une carbonisation incomplète. On torréfie (ou brûle, ou grille) le café et le cacao (dans des appareils appelés torréfacteurs) pour détruire une partie de leur matière végétale et, en même temps, leur donner de l'arôme en provoquant la manifestation des huiles aromatiques essentielles qu'ils contiennent. Il est

d'usage d'enrober les grains de café (enrobage) pendant la torréfaction, avec du sucre, de l'huile (l'huile de vasoline est tolérée pour l'enrobage jusqu'à un certain maximum), ou de la graisse, dans le but d'éviter la déperdition de l'arôme.

La torréfaction du café ne diminue pas sa teneur en caféine, mais l'enrichit en caféone, huile aromatique complexe qui vient renforcer l'action de la caféine.

La caféine (ou méthylthéobromine) est extraite du café (ou du thé), ou préparée par synthèse. Elle se comporte tantôt comme un acide, tantôt comme une base faible, elle donne, avec les acides, des sels facilement dissociables. Aux doses dites habituelles, c'est un excitant des fonctions cérébrales: elle facilite le travail musculaire et diminue la sensation de fatigue (sans supprimer celle-ci). Aux doses fortes, elle provoque la confusion des idées, des troubles sensoriels, de l'agitation et du tremblement. Une tasse d'infusion de café renferme de 0,10 g à 0,12 g de caféine.

Le café dit décaféiné doit renfermer, au plus 0,05 g pour 100 de caféine (soit 0,005 g pour une tasse d'infusion).

C'est sur le café grillé que s'opèrent plutôt les falsifications (mouillage, pour augmenter le poids, etc.). Elles portent parfois aussi sur le café vert. La fraude la plus répandue consiste à livrer des cafés verts avariés du fait de la récolte, de la conservation et du transport; on en masque l'altération par enrobage avec diverses substances qui leur donnent l'aspect marchand.

Le café moulu peut être additionné de racines torréfiées (chicorée, carotte, betterave), de noyaux de dattes, de corozo, de pépins; de substances sucrées (mélasses, figues, caroubes), amylicées (céréales, glands) et notamment de marc de café épuisé.

Pour terminer, une remarque pittoresque. On lit dans le tome III du Grand Dictionnaire du XIX^e siècle de Pierre Larousse (1867): "Bien qu'un très grand nombre de cafés soient tenus par des femmes, on n'ose généralement pas donner à ces dames le nom de cafetières à cause de l'ustensile que ce nom désigne ordinairement; Balzac ne s'est pas laissé arrêter par la crainte de cette équivoque: "Toute la vallée venait jadis au café de la Paix prendre modèle sur les turbans, les chapeaux à visière, les bonnets en fourrures, les coiffures chinoises de la belle cafetière...". Notons en passant qu'une des contemporaines (nouvelle 61) de Rétif de la Bretonne est appelée par lui cafetière.

Le café, introduit à Paris d'une manière définitive vers 1672, était colporté par les rues. Le marchand soutenait devant lui un éventaire, sur lequel étaient rangés ses ustensiles. Il portait d'une main un réchaud surmonté d'une cafetière, dont le contenu se maintenait bouillant; de l'autre, une petite fontaine avec sa provision d'eau. Son cri était: café ! Les amateurs appelaient par la fenêtre et le faisaient monter chez eux. Si grand était l'engouement qui accueillit cette nouveauté, qu'on vit souvent les grandes dames s'arrêter à la porte des cafés et se faire apporter dans leur carrosses une tasse de la "liquour à la mode". On la payait quatre sous (d'après le Dictionnaire de Commerce de Savary, 1723, et une lettre de Boursault à Mlle Poisson).

Cacaoyer

Originaire du Mexique et de l'Amérique centrale, le cacao est la graine d'un certains nombres d'espèces de cacaoyers du genre *Theobroma*, petits arbres dont les types cultivés ont donné beaucoup de variétés, aujourd'hui dispersées dans les différentes régions tropicales du globe. Les amandes des graines, pilées, réduites en pâte avec du sucre et additionnées ou non d'arômes (vanille, cannelle) fournissent le produit alimentaire consommé partout sous le nom de chocolat.

Les fleurs sont groupées en petits fascicules, directement sur le tronc et les grosses branches où se développent des fruits folliculaires, dits cabosses de cacao. De la cabosse ouverte, on sort la masse pulpeuse blanche qui renferme les graines, et on lui fait subir une légère dessiccation facilitant les opérations suivantes, connus sous le nom de fermentation.

Après la fermentation, le cacao est mis à sécher à l'air. La dessiccation est terminée quand la graine se casse sous la dent et que l'enveloppe se brise facilement.

Ainsi préparé, le cacao mis en sac et placé à l'abri en endroit sec est prêt à la vente: c'est le cacao marchand. Dans le commerce, les cacaos sont désignés suivant leur origine: Lagos (Nigérie), accra (Côte de l'Or), caraque (Venezuela), guayaquil (Equateur), etc.

Le cacao marchand est la matière première de la fabrication de chocolat et subit à cet effet diverses manipulations et additions, pour satisfaire au goût de la clientèle. La difficulté de réduire en poudre une matière renfermant une aussi forte proportion de substances grasses, le désir d'obtenir une boisson instantanée, ont provoqué, après débouillage, la préparation de poudres solubilisées (poudre de cacao ou plus couramment: cacao) dont l'émulsion dans l'eau chaude est très rapide.

L'extraction partielle du beurre de cacao a fourni à ce corps des utilisations particulières dans la fabrication des produits de beauté, ainsi qu'en pharmacie. Des résidus (coques et germes), l'industrie chimique tire la théobromine. Ce produit basique est un puissant diurétique, utilisé contre les œdèmes cardiaques et brightiques (maladie de Bright), ainsi que dans les cas d'oligurie (insuffisance de l'excrétion urinaire).

Les falsifications de chocolat sont nombreuses. Elles consistent dans l'addition, à la pâte, de matières amylacées, de dextrans, de tourteaux d'arachides, de débris de coques ou de germes de cacao, etc.

Lors de la découverte de l'Amérique, les Mexicains consommaient le cacao, après l'avoir grillé, sous forme de bouillie, avec de la farine de maïs assaisonnée de force poivre rouge. L'usage de ce met était si fréquent et si général que les fidèles de Chiapa abandonnèrent l'église parce que l'évêque avait voulu leur interdire de boire du chocolat pendant les offices. Ce fut Anne d'Autriche qui mit le cacao à la mode en France, où il était encore inconnu. Le Régent en fit un grand usage et c'est de cette époque que date la dénomination de chocolat de santé, par différenciation avec les nombreuses préparations dans lesquelles on faisait entrer des ingrédients doués de propriétés dites fortifiantes.

Dès 1661, la Faculté de Médecine de Paris avait approuvé l'usage du chocolat.

Les médecins se montraient beaucoup plus indulgents pour le chocolat que pour le café et la Faculté lui resta longtemps fidèle. En 1684, le bachelier Fr. Foucault prit pour sujet de thèse le chocolat (An chocolatoe usus salubris ?) et il en fit un éloge enthousiaste.

Théier

Le théier (Camellia Thea) appartient à la famille des Théacées. Son berceau se situe dans la région méridionale de l'Asie Orientale.

Les Chinois connaissent le thé depuis plusieurs siècles avant l'ère chrétienne. Il constitue pour eux la boisson principale du pays.

De Chine, la culture du théier fut introduite au Japon au cours du IX^e siècle.

Au XVIII^e siècle, le thé fit son apparition en Europe.

Au Congo, ce n'est qu'depuis quelques années que le théier a retenu l'attention des planteurs.

La Chine est le plus important pays producteur, viennent ensuite l'Inde, Ceylan, l'Indonésie.

Les feuilles récoltées sont transportées à l'usine.

On peut préparer deux sortes de thés: le thé noir et le thé vert.

Le théier fournit également une huile non comestible, extraite des semences.

Une tasse d'infusion de thé renferme environ 0,1 g de caféine. Le thé vert, plus riche en tanin que le thé noir, donne une infusion astringente (lavage des yeux).

Le thé est habituellement falsifié avec des feuilles de thé déjà épuisées, ou au moyen de feuilles étrangères (rosier, frêne, saule, laurier, sureau, etc.) préparées à la façon des feuilles de thé et souvent colorées en vert (mélange de bleu de Prusse ou d'indigo, de curcuma et de plâtre).

Daniel Huot, le savant évêque d'Avranches, qui mourut à quatre-vingt-onze ans (en 1721), après une admirable vieillesse, avait pour le thé une véritable passion. Il raconte dans ses curieux Mémoires (en latin) comment il y trouva la guérison d'une maladie des yeux et d'une maladie d'estomac.

Tabac

Le tabac appartient à la famille des Solanacées et comprend de nombreuses espèces dont deux seulement sont utilisées en culture: Nicotiana

tabacum et Nicotiana rustica. Ces deux espèces se distinguent par la couleur des fleurs, qui sont roses chez la première et jaunes chez n. rustica.

C'est le nicotiana tabacum (originaire de l'Amérique centrale et méridionale) qui présente les variétés les meilleures (maryland, havane, kentucky, tabacs de Chine et tabacs turcs, virginie, sumatra, brésil, etc.).

Le tabac est cultivé dans tous les pays tempérés ou tropicaux, même dans les pays froids.

Dans le commerce, les tabacs se classent en plusieurs catégories:

1. Tabacs pour couverture ou cape de cigare (ce sont les meilleurs, les plus coûteux),
2. Tabacs pour sous-cape de cigare,
3. Tabacs pour tripe, ou intérieur de cigare;
4. Tabacs pour le pipe;
5. Tabacs à priser et à mâcher.
6. Tabacs spéciaux pour la cigarette (white burley, jaunes d'orient, maryland, virginie).

7. PLANTES AROMATISÉES

Poivrier

Le poivre est la baie d'une liane originaire des Indes, cultivée en outre en Indochine (Cambodge et Cochinchine), qui donne deux sortes de produits commerciaux, selon que le fruit est cueilli avant maturité et desséché (poivre noir), ou à maturité complète. Il est alors privé, par rouissage dans l'eau, de la pulpe charnue externe (poivre blanc).

Le poivrier (*Piper nigrum*, famille des Pipéracées) est une plante subligneuse, sorte de liane qui s'attache aux supports (arbres), choisie à cet effet, à l'aide de racines-crampons. En culture (au Congo), on utilise l'*Brythrina* comme support. Le poivrier réclame un climat chaud et humide sans vent, une insolation abondante, un sol fertile argilo-sablonneux, une altitude basse et un abri contre le vent.

Les principaux pays producteurs de poivre sont l'Indonésie (Lamong, à Sumatra), la presqu'île malaise, l'île Java, l'Inde, la Cochinchine, le Cambodge, la Thaïlande. La production africaine est négligeable.

Il existe un poivre africain (*Piper guineense*) spontané dans la zone sahélo-soudanaise et les régions désertiques voisines.

Avec la girofle, la muscade, la cannelle et quelques condiments de même origine, le poivre fait partie des nombreux épices dont les Indes ont toujours eu l'exportation principale aux navigateurs européens.

Giroflier

Originnaire des îles océaniques, comme le muscadier, on utilise du giroflier (*Eugenia caryophyllata* ou *Caryophyllus aromaticus* de Linné, famille des Myrtacées) les pédicelles (griffes), les boutons floraux dits clous de girofle, comme aussi l'essence, qu'on retire par distillation.

Le giroflier est un bel arbre de 12 à 15 m de hauteur, qui fut vu pour la première fois par des Européens dans l'île d'Amboine. Les Grecs et les Romains recevaient la drogue des Phéniciens. Dès l'époque mérovingienne, le girofle était connu en France. Plus tard, les Portugais découvrirent les "îles à épices" vers le XVe siècle.

Parmi les pays producteurs, citons Madagascar et les Moluques.

Cannelier

Les *Cinnamomum* appartiennent à la famille des Lauracées. Le *Cinnamomum zeylanicum* est un arbre de 10 à 15 mètres, maintenu en plantation à environ 2,50 m de hauteur. Originnaire de l'Inde, il fut importé de Ceylan au Congo où il s'est substitué au *Cinnamomum cassia*, moins apprécié.

Les canneliers sont principalement cultivés aux îles Seychelles, à Ceylan, à Java, en Indochine, à la Côte de l'Or et à Madagascar. Au Congo, la plante ne fait pas l'objet d'une exploitation systématique. L'écorce de cannelle de Ceylan est de beaucoup la sorte commerciale la plus appréciée. L'écorce et l'essence de cannelle sont utilisées en pharmacie et comme condiment.

Muscadier

Les noix muscades sont les graines aromatiques et grasses de diverses espèces de muscadiers, arbres appartenant tous au genre *Myristica* (famille des Myristicacées).

Le *Myristica fragrans*, arbre dioïque de 8 à 10 m de hauteur, se rencontre à l'état sauvage dans les îles Moluques, il a été introduit dans de nombreux pays tropicaux, sa culture est cependant principalement localisée, pour le commerce, dans les îles malaises et aux Moluques, en particulier dans les îles Banda. L'île de Grenade (dans les Antilles) est parfois appelée le "parc à muscades".

Le beurre de muscades est la matière grasse extraite des amandes moulues ou pilées.

Le macis n'est autre que l'arillode séparé de l'amande et macéré immédiatement dans l'eau salée, puis desséché et ainsi livré au commerce (l'arille et l'arillode sont des téguments accessoires de la graine).

Vanille

On appelle vanille la goussou, ou mioux, la capsule de certaines plantes grimpantes du genre *Vanilla* dont l'espèce la plus utilisée, le

Vanilla planifolia, est originaire du Mexique. Les vanilliers sont des cridées grimpantes, sortes de lianes à tige cylindrique, charnue, verte.

Le vanillier vit à l'état sauvage au Mexique où il est d'ailleurs cultivé. La vanille du Mexique reste encore au premier rang à cause de ses qualités aromatiques.

A la cueillette, la vanille verte est formée de gousses de couleur verte, groupées en paquets sur la plante et sans aucune odeur. C'est lorsque la gousse jaunit et puis brunit, que la partie pulpeuse du carpelle acquiert son odeur caractéristique.

Le vanillon est une vanille grosse, courte, des Antilles, provenant du Vanilla pompona: on l'utilise en pharmacie.

C. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Café

Production mondiale (en 1.000 tonnes)

Moyenne 1934-38 : 2.242,0	Brésil	: 59,3 %
	Colombie	: 10,4 %
	Autres pays	: 29,8 %
1957 : 3.019,0	Brésil	: 46,8 %
	Colombie	: 12,3 %
	Autres pays	: 40,9 %

Cacao

Production mondiale (en 1.000 tonnes)

Moyenne 1934-38 : 740,0	Côte de l'Or (Ghana)	: 38,1 %
	Brésil	: 16,8 %
	Nigérie et Cameroun	: 13,4 %
	Autres pays	: 31,7 %
1957 : 770,0	Ghana	: 29,0 %
	Brésil	: 18,2 %
	Nigérie et Cameroun	: 10,0 %
	Autres pays	: 42,8 %

The

Production mondiale (en 1.000 tonnes)

Moyenne 1934-38 : 446,3	Union indienne	: 31,5 %
1957 : 890,0	Ceylan	: 19,1 %
	Chine populaire	: 14,5 %
	Autres pays	: 34,9 %

Tabac

1. Production mondiale (en 1.000 tonnes)

Moyenne 1934-35	: 2.720,0	Etats-Unis	: 20,5 %
1957	: 3.670,0	Bloc oriental	: 11,0 %
		Chine populaire	: 10,6 %
		Union indienne	: 8,2 %
		Autres pays	: 49,7 %

2. Belgique (mise en oeuvre, en tonnes)

1956	: 2.052
1957	: 2.177
1958	: 2.175

Les épices

1. Longtemps les épices furent considérées comme un produit précieux, de prix fort élevé.

2. A notre époque, le poivre est l'épice dont la consommation est la plus forte.

Chapitre XIII

A L I M E N T S D ' O R I G I N E A N I M A L E

A. Viande

Définition de la viande

Au sens général du terme, la viande est la chair des animaux et des oiseaux dont on se nourrit.

Plus spécialement: viande de boeuf, de mouton, de chevreau et de porc, que vendent habituellement les bouchers et charcutiers.

L'animal abattu

On distingue, quand l'animal destiné à la boucherie (un boeuf, par exemple) est abattu, saigné et eviscéré:

- 1° La viande nette ou les quatre quartiers (deux quartiers de devant et deux quartiers de derrière);
- 2° Le cinquième quartier, qui se compose lui-même de deux rroupes d'éléments, soit:
 - a) Les abats (cervelle, foie, coeur, poumons, estomac, etc.) pour la consommation. Certaines glandes servent dans l'industrie pharmaceutique (préparations opothérapiques, à base d'extraits de glandes);
 - b) Les issues (peau, cornes, onglons, poils, etc.) qui sont destinées à l'industrie.

Les animaux producteurs de viande

Les bovins

Actuellement, ce sont les bovins qui constituent la plus importante source de viande. Il convient d'établir la distinction entre la viande de veau, d'une part, et la viande de boeuf, d'autre part; cette dernière englobe à la fois la viande du taureau, de la vache et du boeuf.

Bon nombre de bovins ne sont pas élevés pour la viande, mais pour le lait ou le travail. De plus en plus, on tend à pousser les races de boucherie vers la production laitière et à étoffer les races laitières (en vue de la boucherie: élevage de la vache dite à deux fins).

Lorsque, parmi les veaux qui naissent, on choisit les femelles qui remplaceront les mères, et les mâles qui deviendront des reproducteurs ou des boeufs de travail, les autres (70 à 80 % suivant les régions) sont destinés à la boucherie.

Les ovins

Ils fournissent une viande appréciée. La ladrerie et la tuberculose étant exceptionnelles chez le mouton, c'est cette espèce qui fournit la meilleure viande à consommer à l'état cru.

Les caprins

La chèvre est un animal élevé pour son lait, mais sa chair (plutôt médiocre) est utilisée au même titre que celle des autres animaux de la ferme.

Les équidés

Le cheval, l'âne et leur hybride, le mulet, étaient consommés par l'homme dès la plus haute antiquité (Perses, Grecs, Romains, Gaulois). Cet usage s'est en grande partie perdu au XIXe siècle mais, au cours de notre siècle, le cheval est redevenu un animal de boucherie.

Les porcins

Le porc est un animal de boucherie quant à ses parties destinées à être vendues en viande fraîche, et un animal de charcuterie. Les hygiénistes estiment que la viande de porc est d'une digestion difficile pour certaines personnes. La viande (crue ou mal cuite) du porc ladre (infecté par les cysticerques) communique le ténia (appelé familièrement: ver solitaire) à l'homme.

E. LAIT - BEURRE - FROMAGE

Définition du lait

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement.

La dénomination "lait", sans autre, ne s'applique qu'au lait de vache.

Composition du lait

La composition moyenne du lait est la suivante:

Matières azotées . . .	35	pour 1.000
Matière grasse	38	" "
Sucre (lactose)	48	" "
Sels minéraux	1	" "
(Diastases		
(Vitamines	traces	
Eau	878	" "

Définition et composition du beurre

Le beurre est une substance alimentaire extraite du lait de vache par écrémage et barattage. Il contient le 84 à 86 % de matières grasses, de 13 à 16 % d'eau, et des éléments solubles qui proviennent du lait et de la crème (caséine, lactose ou sucre de lait, divers sels); dans un beurre bien fabriqué, la proportion de ces derniers éléments ne dépasse pas 0,5 à 0,7 %.

Valeur alimentaire

Sa richesse en matières alimentaires fait du beurre un aliment d'une grande valeur énergétique. La constitution même de cette matière grasse lui communique une digestibilité très supérieure aux autres aliments gras.

Mais sa supériorité provient surtout de sa richesse en vitamines, substances chimiques indispensables dans l'alimentation. On y rencontre, en effet, la vitamine A facteur anti-infectieux, et la vitamine B, anti-rachitique.

Définition du fromage

Aliment obtenu par la coagulation du lait, suivie ou non de fermentation: fromage de lait de vache, et elliptiquement: fromage de vache, de chèvre, de brebis.

Classification des fromages

a) Caillebotte ou fromage blanc

On comprend, sous cette dénomination, le lait caillé dont on a éliminé le sérum de lait.

La caillebotte provient du lait entier; le fromage blanc, du lait écrémé.

b) Fromages à pâte molle

Les types les plus connus sont les fromages de camembert, de romatour, de brie, les fromages à la crème (gervais, petit suisse, etc.); gonzozola, stracchino, etc.

c) Fromages à pâte dure ou demi-dure

Ce sont les fromages du type gruyère, emmenthal, grana (parmigiano, lodigiano, reggiano), caciocavallo, roquefort, chester, fromage de Hollande, edam, gouda, tilsitt, etc.

Valeur nutritive des fromages

A) Richesse en albuminoïdes:	parmesan	: 44 %
	gruyère	: 31
	emmenthal	: 26
	roquefort	: 26
	cheddar	: 18
	brie	: 18 %

B) Richesse en graisses:	neufchâtel	: 41 %
	roquefort	: 30 %
	hollande	: 27 %
	bris	: 25 %
	gruyère	: 24 %
	camembert	: 21 %
	parmesan	: 15 %

C. PRODUITS DU PETIT ÉLEVAGE

Généralités

Les petits élevages concernent les animaux suivants: poule, canard, oie, dinde, pintade, pigeon de rapport, lapin.

Dans nos régions, une grande partie de la production est d'origine fermière; aux États-Unis, par contre, il existe de nombreux élevages spécialisés.

La production comprend: la viande, les oeufs (poule, canard), les produits laitiers.

D. MIEL

Le miel est le produit de la transformation que subit, dans le premier estomac ou jabot de l'abeille ouvrière, une sorte de jus sucré, le nectar, que celle-ci puise avec sa languette dans le nectaire des fleurs. Une fois élaboré, elle dégorge le miel dans les alvéoles des rayons, ou gâteaux de cire. La récolte du miel est le but principal de l'élevage des abeilles, ou apiculture.

Le miel est un mélange, en proportions variables, de plusieurs composés organiques définis, étendus d'eau. On y trouve d'abord des matières sucrées: du glucose, cristallisant qui se présente sous forme de petits grains blancs agglomérés qui composent les granulations du miel, de la méllose, liquide et incristallisable; une petite quantité de succharose, qui disparaît dès à mesure que le miel vieillit; enfin, une certaine proportion de matières...

Un bon miel doit posséder une odeur suave et aromatique, une saveur douce et sucrée. Il doit, au surplus, être totalement soluble dans l'eau.

7. PRODUITS D'ORIGINE MARINE OU FLUVIALE

Le poisson

De nos jours, dans les plus lointains, les hommes de tous les pays de l'océan Atlantique, de l'Inde, de la Chine, il y a fort peu de pays qui n'utilisent pas cet excellent aliment. Ce le mangent cru, comme au Japon et sur les îles, ou cuit, au grill, au four, ou conservé d'une manière quelconque. Il est très apprécié par les hommes et peut donner jusqu'à 92 % des protéines de toutes les...

le saumon en conserve, et utiliser les chairs de ces poissons dans les mêmes proportions. (Les protéines sont les matières albuminoïdes en général.)

Noms	Protéines	Graisses	Calories
	%	%	par kg
Hareng	19,5	7,1	1.220
Saumon	17,5	17,8	2.160
Morue	16,5	0,4	650
Eglefin	17,2	0,3	670
Maquereau	18,7	7,1	1.250
Flétan	18,6	5,2	1.130

Le hareng, le saumon et le maquereau, peuvent être considérés comme des poissons gras en toutes saisons; mais le maquereau, pris en automne et en hiver, est beaucoup plus gras que le maquereau de printemps.

De plus, la chair du poisson contient du phosphore. On rencontre surtout les vitamines dans le corps des poissons gras et dans le foie de presque toutes les espèces: elles dérivent directement du plancton et ce sont ces organismes microscopiques qui forment la base de la puissance nutritive des poissons. (Hansen a donné en 1887 le nom de plankton à l'ensemble des petits organismes animaux ou végétaux vivant à la surface des eaux douces ou salées, ou à une profondeur plus ou moins grande sans contact avec le fond.)

Voici un tableau, analogue au précédent, mais relatifs aux poissons d'eau douce:

Noms	Protéines	Graisses	Calories
	%	%	par kg
Carpe	15,79	4,77	990
Brème	16,19	4,09	956
Brochet	18,76	0,66	754
Perche	18,45	1,40	804
Traite	17,96	0,74	730

On distingue, dans le commerce, les poissons ronds et les poissons plats (ces derniers englobent à la fois les raies et les pleuronectes).

Les pêcheries de mer se divisent en pêche côtière et pêche hauturière; cette dernière est de beaucoup la plus productive. Elle s'exerce sur le plateau continental jusqu'à la profondeur moyenne de 200 mètres. Les fonds de pêche se plaçant surtout dans la zone tempérée boréale entre le 40° et le 70° parallèle. Les plus grandes pêcheries appartiennent à la Grande-Bretagne, à la France, à l'Espagne, aux pays scandinaves, à l'U.R.S.S., au Canada, aux États-Unis, au Japon. Leur ensemble représente 70 % de la valeur totale des pêcheries du monde et la totalité de leurs prises peut être évaluée à 6 milliards de kilos. La chair des poissons est extrêmement pé-

Autrefois, on consommait beaucoup de poissons préparés, mais, de nos jours, on préfère le poisson frais ou, en tout cas, les préparations légères.

La conservation du poisson s'opère par salage ou saumurage, par fumage, par séchage et par mise en conserve (appertisation ou conservation par la chaleur).

La préparation de la morue est la base d'une puissante industrie en Europe et en Amérique.

En Europe, on prépare "en conserve" des harongs, des sprats (ou osprots), des sardines, des anchois, des maquereaux et des thons. La mise en boîte de la sardine représente une grande importance économique pour la France, l'Espagne et le Portugal. Ce n'est pas un poisson spécial mais il constitue le stade immature du pilchard.

Le caviar est préparé avec les œufs des esturgeons, notamment autour de la Mer Noire et de la Mer Caspienne.

En Extrême-Orient, il existe un commerce considérable des ailerons de requins, utilisés (salés et séchés au soleil) pour faire des potages spéciaux.

Les sous-produits qui sont extraits des poissons revêtent également une grande importance commerciale (huiles de tout genre; la plus connue est l'huile de foie de morue). Les farines et engrais de poissons sont fabriqués avec tous les déchets. Les farines entrent dans l'alimentation des animaux (volaille, porcs, bétail).

La colle de poisson est surtout tirée de gades; elle peut être extraite de la peau, mais aussi de la tête et des déchets.

Mollusques

Moules

Les moules comestibles (*mytilus edulis*) sont attachés sur les rochers par un byssus et forment des bancs très étendus; elles peuvent se déplacer à volonté. Il leur faut un an pour arriver à l'état adulte, mais cette durée peut être abrégée par l'élevage ou mytiliculture. Celle-ci est fort pratiquée sur certaines côtes: France, Pays-Bas, etc. Elle consiste à établir, au bord de la mer, des parcs ou bouchots au moyen de pieux ou palissades: les moules qu'on y transporte, s'y engraisent facilement.

L'ingestion de certaines moules peut donner lieu à des phénomènes d'intoxication. Ils sont attribués à la toxicité du frai des étoiles de mer dont les moules peuvent se nourrir, ainsi qu'au développement de ptomaines dans les viscères des moules qui ont été exposées aux ardeurs du soleil, à marée basse. Aussi, évite-t-on de manger des moules pendant les mois sans "r", de mai à août, car c'est en été que les étoiles de mer déposent leur frai et que le soleil est dans toute sa force.

Huitres

L'huitre (*ostrea edulis*), la plus estimée des gourmets -écrit A. Lamoignon-, représente les ostréacés dans la Mer du Nord. Elle se fixe d'une

manière permanente, dès l'état larvaire, par la valve gauche, qui reste convexe; la valve droite est aplatie; l'huître vit en colonies.

Celles qui se consomment sont les huîtres d'élevage (ostréiculture); les huîtres sauvages draguées sont déposées dans des parcs de stabulation, qu'on entoure de tuiles ou de petits fagots fournissant d'immédiats points de fixation aux larves. Les jeunes huîtres sont ensuite portées dans des parcs d'élevage et amenées à la taille voulue (au terme de quatre à sept ans); elles passent, quelque temps avant la vente, dans des parcs d'engraissement où elles acquièrent les qualités recherchées.

Dans notre pays, on se contente d'acheter de jeunes huîtres à l'étranger, et on les met dans des bassins spéciaux, soit à Ostende, soit à Nicuport, soit à Blankenborghc, où elles demeurent jusqu'à ce qu'elles aient acquis une valeur marchande. Comme les moules, les huîtres ne peuvent être consommées pendant les mois sans "r", de mai à août; pendant cette période, elles fraient; la présence des embryons rend le mollusque facilement corrompible.

Crustacés

Certains crustacés sont représentés par des quantités énormes de spécimens, surtout parmi les crustacés inférieurs (entomostracés) qui forment une grande partie du plancton dont se nourrissent des poissons d'une grande importance économique: sardine, anchois, sprat, etc.

Les espèces économiquement intéressantes appartiennent toutes aux crustacés supérieurs (sous-classe des malacostracés).

Les principales espèces dont la capture donne lieu à une pêche suivie et spécialisée sont le homard, la langouste et les divers crabes dont les principaux sont le tourteau (*cancer pagurus*) et l'araignée de mer (*heryllus*).

D'autres espèces, comme la langoustine (*nephrops norvegicus*), la squille (*squilla mantis*), etc. sont prises surtout au cours des chalutages. Enfin, les crevettes de la zone côtière, le bouquet (*palaeomon serratus*) et la crevette grise de sable (*crangon vulgaris*) donnent lieu à toute une industrie de pêche.

La chair des crustacés est généralement fort recherchée pour son goût très spécial, mais, malheureusement, les deux plus belles espèces - le homard et la langouste - sont rapidement devenus un aliment de luxe.

Les crustacés sont très nourrissants; les oeufs de langouste, notamment, contiennent de l'azote. Ils ont l'inconvénient de provoquer de l'urticaire chez certaines personnes, de la constipation ou, au contraire, de la diarrhée.

Cétacés

Les cétacés, mammifères à l'aspect pisciforme (en forme de poisson), vivent dans l'eau.

Ils sont carnivores. On les divise en denticètes et mysticètes. Les premiers renfermant les narvals, les marsouins, les dauphins, ont des dents à l'état adulte.

Les narvals sont remarquables par le développement de la canine gauche, chez le mâle, qui forme un long éperon d'ivoire. Les dents tombent dans l'autre sous-ordre et sont remplacés par de longues tiges cornées, triangulaires, désignées sous le nom de fanons, formant filtre devant la bouche.

Les baleines rentrent dans ce groupe. La peau, dépourvue de poils, est doublée d'une épaisse couche de graisse (lard) qui fournit une quantité considérable d'huile.

Le cachalot macrocéphale est un denticète de 20 à 25 m de longueur, dont la tête occupe à peu près un tiers de la longueur du corps. Cette tête comporte l'organe du blanc qui fournit le blanc de baleine ou spermaceti.

Le cachalot fournit aussi l'ambre gris: corps solide d'un gris jaunâtre qui prend naissance dans le gros intestin (c'est un véritable calcul intestinal). Ces calculs sont expulsés avec les excréments et flottent sur l'eau (Madagascar, Japon, Brésil, Antilles). L'ambre - qui contient de l'ambroïne - est utilisé en parfumerie.

F. CONSERVATION DES ALIMENTS

Généralités

Les procédés de conservation (appertisation, déshydratation, congélation, réfrigération, etc.) se proposent de combattre le développement des micro-organismes (bactéries, champignons, levures) qui provoquent les altérations des produits alimentaires (fermentation, putréfaction). Les progrès de la technique consistent à rechercher les procédés qui portent le moins atteinte aux qualités alimentaires des denrées à traiter (protéines, vitamines, sels minéraux, etc.).

Il ne faut jamais manger de conserves contenues dans des boîtes à couvercle bombé, ce qui constitue l'indice d'une fermentation, ni celles dont la gelée est liquéfiée, acide, d'odeur aigre et de consistance anormale. Se garder également des salaisons qui présentent des taches colorées et qui donnent, lors de la coupe, une surface humide et molle. Le botulisme est une intoxication d'origine alimentaire, causée par le bacillus botulinus. Il est dû, ordinairement, à l'ingestion d'aliments avariés (charcuterie) ou de conserves de légumes mal préparées et insuffisamment stérilisées. A cet égard, les préparations ménagères peuvent offrir plus de dangers que les préparations industrielles.

Dès que le produit naturel est séparé de ses racines et de son milieu de culture, les processus enzymiques favorisent, au sein des tissus, l'oxydation de nombreux constituants. Toute meurtrissure, tout écrasement, endommageant les parois cellulaires, provoquent une activation enzymatique, et catalysent l'oxydation de l'acide ascorbique. Simultanément se produisent des solubilisations de sucres et de sels minéraux, vers l'extérieur.

Il y a donc avantage évident à éviter de nombreuses manipulations et un stockage prolongé. Le circuit de distribution ordinaire (producteur, grossiste, détaillant, ménagère) présente, à cet égard, plus d'inconvénients que l'approvisionnement, plus direct et moins long, des usines de conserves.

La conservation par le froid

La conservation par le froid est la seule technique qui ne modifie pas les caractéristiques extérieures (aspect, poids) et intérieures (composition chimique, saveur, teneur en vitamines, etc.) des denrées.

Aide apportée par le froid à l'agriculture

1° Diminution du gaspillage de denrées périssables (viandes, produits laitiers, fruits, légumes...);

2° Valorisation des denrées agricoles par étallement de la période de consommation des denrées à production saisonnière;

3° Amélioration de la qualité des produits (viande, légumes verts, lait, oeufs...).

Action du froid sur les produits agricoles

1° Stabilisation, en suspendant l'activité des micro-organismes. (L'asepsie tue les micro-organismes: il faudrait des températures fort basses pour les espèces résistantes.);

2° Réfrigération et congélation: Congeler, c'est refroidir à une température inférieure au point de congélation de la denrée; réfrigérer, c'est refroidir jusqu'à une température supérieure au point de congélation.

La congélation permet de conserver les produits beaucoup plus longtemps que la simple réfrigération.

C'est la congélation ultra-rapide (quick-freezing) qui conserve le mieux les tissus animaux ou végétaux à conserver (formation rapide de minuscules cristaux de glace dans l'intérieur des cellules végétales et animales).

Règles d'application du froid aux produits agricoles

- 1° Le produit refroidi doit être sain;
- 2° L'application du froid doit être précoce;
- 3° Elle doit être continue.

Utilisation du froid

Viande

Réfrigération: 0 degré à + 2 degrés, avec 80 % d'humidité;

Congélation: en 48 heures, dans des chambres bien ventilées à - 20°; en moins de 24 heures dans des tunnels à travers lesquels l'air à basse température (de -30° à -35°) circule à grande vitesse.

Lait

Le froid intervient au stade de la production et au cours de la transformation.

Fruits et légumes

Le froid peut être utilisé pour les fruits et légumes, soit afin d'améliorer les conditions de leur transport, soit dans le but de les conserver et d'échelonner la période de consommation.

Volailles

Elles peuvent être simplement réfrigérées, aussitôt tuées (conservation de quelques semaines) ou congelées (en période de production excédentaire).

Oeufs

Les oeufs peuvent être conservés en coquille pendant une période de six à neuf mois en chambre froide (0° ou + 1°). Le procédé est supérieur à la conservation chimique.

Poisson

Poisson glacé: refroidissement par de la glace sur le chalutier même;
Poisson congelé à basse température (-30°), soit entier, soit en tranches (poisson surgelé).

Déshydratation

En enlevant une quantité suffisante de l'eau de constitution des denrées, on entrave le développement des micro-organismes. C'est un procédé en usage depuis longtemps et encore employé par les peuplades primitives d'Afrique et d'Asie; autrefois, l'élimination de l'eau se faisait par la chaleur solaire; maintenant, on utilise des séchoirs à air chaud.

Conservation par les antiseptiques

On appelle antiseptiques tout corps qui inhibe le développement bactérien.

Salage

On emploie 10 à 25 % de sel ordinaire: il se produit une déshydratation par osmose et un enrichissement de produit en sel: viande, jambon, saucisson, poisson, légumes.

Fumage ou boucanage

Le fumage complète généralement le salage. On soumet le produit (viande, poissons) à l'action de la fumée d'un feu de bois, qui contient, en suspension, des antiseptiques (phénols, crésols, acide acétique, aldéhyde formique).

Addition de sucre

Le développement microbien est arrêté lorsque la teneur en sucre atteint 65 %. Il peut y avoir quelquefois un développement de moisissures en surface: il faut alors soustraire le produit à l'air et à la lumière (confitures, gelées de fruits).

Acidification

Le développement microbien et les actions enzymatiques sont arrêtés par les acides. L'acidité peut être artificielle (pickles, cornichons) ou spontanée (fabrication de la choucroute). Les anchois (de Norvège) sont soumis à l'action antiseptique des épices et du vinaigre.

Stérilisation par la chaleur

Les micro-organismes, ainsi que les enzymes, sont tués par la chaleur, dans un récipient clos. Le produit est évidemment modifié: il est cuit. Le principe fut découvert par Nicolas Appert.

On distingue:

- Stérilisation industrielle à plus de 100° (en autoclave: elle peut détruire tous les micro-organismes et offre les garanties désirables);
- Stérilisation à 100° et tyndallisation: chauffages successifs espacés de 24, 36 ou 48 heures;
- Pasteurisation: c'est une stérilisation à une température inférieure à 100°, appliquée aux produits acides, aux jus de fruits, ainsi qu'aux fruits entiers préparés au naturel.

Conservation par enrobage

Exemples: viande crue dans du lait caillé, viande cuite dans la graisse (confits), oeufs dans l'eau de chaux; poissons dans l'huile, etc. Elle est de courte durée.

G. GÉOGRAPHIE ÉCONOMIQUE

Viande

1. La viande s'altère aisément, aussi, avant la fin du XIXe siècle, ne pouvait-elle être transportée sur de longs parcours - terrestres ou maritimes - que salée ou, tout au moins, boucanée ou fumée.

Le savant allemand, baron J. de Liebig (1803-1873) a mis au point et commercialisé la fabrication d'extraits de viande.

C'est depuis le lancement du premier navire frigorifique (1874) qu'il a été possible d'augmenter le commerce international de la viande.

2. Si ce commerce est moins important en poids que celui du blé, il offre toutefois une ampleur comparable.

3. Les pays grands producteurs de viande ne sont pas nécessairement les plus forts consommateurs.

4. Belgique (abattages en 1.000 t.): 1956 : 33,3
1957 : 32,5
1958 : 31,3

L'élevage

1. L'élevage produit des animaux de plus en plus sélectionnés et adaptés aux besoins de la consommation actuelle. La sélection artificielle est d'ailleurs appliquée par les éleveurs depuis de très nombreuses années. Ce sont les procédés adoptés par les éleveurs qui ont inspiré à Darwin sa doctrine de la sélection naturelle des espèces.

2. Dans ces conditions, les terres consacrées à l'élevage sont de plus en plus étendues.

3. Ceci a été possible par l'accroissement continu de la consommation de viande, phénomène amené par l'augmentation du niveau de vie et du pouvoir d'achat de diverses populations.

4. L'élevage des bovins et des porcs est en progrès, celui des moutons est plus ou moins stationnaire, celui des chevaux est nettement en recul.

5. Dans notre pays, les conserveries de viandes sont établies dans les agglomérations bruxelloise, universelle et liégeoise; à Lokeren, Boklo, etc.

Localisation des laiteries: les deux Flandres, la moitié septentrionale du Brabant, le pays de Herce.

Bétail

Cheptel mondial (en têtes)

- Bovins : 1956 : 876,0

Union indienne	24,0
Etats-Unis	11,5
U.R.S.S.	7,8
Brésil	7,4
Autres pays	49,3

- Chevaux : 1956 : 70,0

Brésil	10,1
Chine populaire	10,0
Argentine	9,7
Autres pays	70,2

- Ovins : 1956 : 860,0

Australie	15,1	10
U.R.S.S.	14,7	10
Autres pays	70,2	10

- Porcins : 1956 : 335,0

Chine populaire	42,1	10
Etats-Unis	16,7	10
U.R.S.S.	15,8	10
Autres pays	25,4	10

La pêche et ses produits

1. S'il est bien vrai que le poisson n'est qu'un aliment de complément pour la race blanche, il tient, dans l'alimentation de l'ensemble de l'humanité, une place comparable à celle occupée par la viande.

2. La Mer du Nord est le centre de pêcherie le plus actif du monde entier.

3. La pêche en eau douce (rivières et lacs) n'égale pas, en importance, la pêche en mer.

4. La pêche maritime se distingue nettement des autres secteurs économiques par des aspects particuliers. Son champ d'activité est constitué par la mer, qui - à l'exception des eaux territoriales réservées aux pêcheurs du pays - n'appartient à personne et ne peut par conséquent être réglementée par des lois nationales. Ses produits sont fort périssables et doivent donc être écoulés en un minimum de temps. Enfin, son rendement dépend non seulement de l'efficacité de l'exploitation, mais aussi de facteurs purement accidentels, de sorte que la pêche maritime est, par définition, une entreprise hasardeuse.

5. L'activité de la pêche maritime belge couvre plusieurs domaines. La pêche côtière, qui se pratique à une distance maximum de la côte de 30 milles, est assurée par de petits cotres crevettiers et par des chalutiers côtiers. Elle produit surtout des crevettes et des esprots, mais aussi plusieurs variétés de poissons de fond. La pêche moyenne se fait par des chalutiers, dans la partie méridionale et centrale de la Mer du Nord, la Manche et le canal de Bristol. Ses apports sont très variés mais comprennent principalement des harengs (pleins et guais), des limandes, des turbots, des morlans, des églefins, des plies, des soles, des cabillauds, des raies et des maquereaux.

La pêche hauturière, enfin, est pratiquée par de petits et grands chalutiers de haute mer. Les petits chalutiers de cette catégorie visitent

les mêmes fonds que les grands chalutiers de pêche moyenne, ainsi que la Mer d'Islande. Les grands explorent, en plus de la Mer du Nord, la Mer d'Islande, les environs du Groenland et la Mer Blanche. La pêche hauturière produit les mêmes poissons que la pêche moyenne, ainsi que quelques autres variétés dont le colin.

A Ostende, se trouvent représentées toutes les activités de la pêche; Zeebrugge se spécialise dans la pêche de marée et dans celle de la crevette; enfin, on pratique la pêche côtière à Nieuport.

Les conserveries de poissons sont établies à Ostende, Nieuport, Denderleeuw et Bruxelles.

CHAPITRE XIV

MATIÈRES GRASSES D'ORIGINE ANIMALE ET VÉGÉTALE

A. GENERALITES

Les corps gras

Les matières grasses sont des mélanges d'esters saponifiables.

Les esters, ou éthers-sels, sont des sels où un métal monovalent serait remplacé par un radical carboné, d'où leur nom.

Les acides minéraux, comme les acides organiques, peuvent donner des éthers-sels : citons, par exemple, le sulfate de méthyle $SO^4(CH_3)^2$, l'acétate d'éthyle $CH_3.CO^2.C^2H_5$.

Saponifier, c'est transformer un corps en savon, d'où le terme "saponifiable" : qui peut être saponifié.

Les matières grasses provenant des animaux terrestres et des végétaux sont formés principalement de glycérides (voir chapitre XVII : Sucre), esters de la glycérine et d'acides gras.

B. CORPS GRAS D'ORIGINE ANIMALE

Les corps gras d'origine animale sont classés dans la pratique, d'après leur aspect physique, en quatre catégories : suifs, graisses, beurres, huiles.

Suifs

Par suifs, il faut entendre les graisses de divers animaux, notamment les chevaux et les ruminants.

Le premier jus est obtenu par fusion et clarification des suifs bruts.

Le suif brut, recueilli aux abattoirs, est dit suif en branche ou en rame; il fournit le suif de première qualité. Les suifs de seconde qualité sont désignés sous l'appellation petits suifs.

Graisses

La graisse la plus utilisée est celle du porc (saindoux).

La graisse de cheval est plus molle : elle est plus riche en oléine

que la précédente. On en sépare - par pression - la partie la plus fluide (huile de cheval), formée principalement d'oléine.

Saindoux (ou axonge)

Cette graisse est préparée par fusion de la panne des intestins et rognons du porc. Le saindoux se présente sous forme de masses molles, blanches ou jaunâtres, fondant vers 25 - 30°. Densité : 0,86. Il sert dans l'alimentation, ainsi que pour préparer les lubrifiants et enduits imperméabilisants.

Beurre (et Fromage)

Voir chapitre XIII : Aliments d'origine animale.

Les margarines

Historique

La découverte de la margarine date de 1869. A cette époque, Napoléon III, dans un but philanthropique, avait créé un prix pour la recherche d'un produit alimentaire économique, susceptible de remplacer le beurre. Mège-Mourrier résolut le problème en partant de cette observation que le beurre contenu dans le lait de la vache semble provenir, plutôt que de son aliment direct, de la résorption physiologique de la graisse même de l'animal. En faisant digérer (1) du suif de vache ou de boeuf avec de l'eau alcalinisé et de la pepsine de mouton ou de porc, il obtint une matière fluide : l'oléomargarine.

Comme le remarque F. MOURRIER, l'oléomargarine, barattée avec du beurre de vache donnait une émulsion analogue à la crème, puis une masse plus épaisse, analogue au beurre qui était la margarine.

Définition et technologie

Pour Littré (tome III, 1866), margarine est le nom donné par CHEVREUL à la combinaison naturelle d'acide margarique et de glycérine, qui forment la plus grande part de la portion concrète des huiles grasses.

Ouvrons maintenant le dernier des grands dictionnaires de la langue française, celui de Paul Robert (tome IV, 1959) : "combinaison d'acide margarique (du grec margaron, "perle", à cause de la couleur de cet acide) et de glycérine que l'on trouve dans les graisses et huiles animales et végétales. Autrefois tirée de l'axonge et du suif, la margarine est maintenant extraite principalement des corps gras végétaux."

(1) En chimie, digérer c'est pratiquer la digestion, c'est-à-dire la dissolution d'une substance dans un liquide à haute température ou l'extraction de certains éléments de cette substance.

Passons aux techniciens :

- "La margarine est un aliment gras nutritif et très sain, extrait par pression des suifs et saindoux" (F. Mourret, 1935).

- "La margarine est un produit artificiel formé de graisses mélangées, qui ont subi un traitement spécial, auquel elles doivent un aspect, une consistance et une saveur qui les rapprochent assez du beurre pour que des mesures aient été prises dans le but d'éviter leur addition frauduleuse au beurre. La margarine est préparée avec la partie liquide du suif de boeuf très frais et manipulé proprement, l'oléo, qu'on mélange avec du lait chaud et aigri. On introduit simultanément, pour des raisons d'économie surtout, d'autres corps gras chauds : huile ou graisses de coton ou d'arachide, saindoux (excellent pour faire la pâte), graisse de coco, huile de sésame (imposée dans certains pays parce qu'elle est aisée à déceler)." (M. Nicolas, 1927).

D'après le Précis de technologie et de chimie industrielle de Pierre CARRE (5e éd. t. III, 1953, p. 571) : "Les margarines sont des succédanés bon marché du beurre. Les matières premières qui entrent dans leur composition sont : l'oléo-margarine, les beurres de coco et de palme, et les huiles végétales, notamment l'huile d'arachide pour les qualités fines, et l'huile de coton pour les qualités demi-fines. L'oléo-margarine se prépare au moyen de suif en branche de bonne qualité, généralement de suif de boeuf".

Remarques

Comme le lecteur l'aura remarqué la composition de la margarine est variable : graisses végétales (palmiste, soja, coprah, sésame, etc.), graisses animales (baleine, poisson, suif de boeuf) ou mélange des deux.

On pourrait donc classer la margarine soit dans les corps gras d'origine animale, soit dans les corps gras d'origine végétale. On peut tourner la difficulté en la rangeant sous la rubrique des graisses alimentaires.

Il est utile de connaître la composition de la margarine que l'on consomme. En effet, certains régimes diététiques proscrivent les graisses animales (cas de l'artériosclérose, de l'excès de cholestérol dans le sang, par exemple).

Huiles

1. Huiles d'animaux terrestres

Huiles de cheval, huile de pied de boeuf et de mouton (synovic).

L'huile de pied de mouton ne rancit pas : elle sert en horlogerie, et aussi pour la confection des pâtes à polir.

2. Huiles de poissons

Elles sont obtenues par le traitement des poissons entiers : harengs sardines. Le résidu, pressé, séché et pulvérisé constitue le guano de poisson, utilisé comme engrais; des fèces de certains poissons : squales, raies, morues; des déchets de l'industrie de conserve de poisson.

C. CORPS GRAS D'ORIGINE VEGETALE

Coton

L'huile extraite des graines de cotonnier tient la première place dans la statistique de production mondiale des huiles. De couleur brunâtre, l'huile de coton brute n'a pas un aspect engageant quand elle arrive à la raffinerie. Mais, avec les procédés mis en usage, on a enregistré des résultats remarquables. On obtient une huile comestible et même, par hydrogénation, une graisse alimentaire de qualité excellente, qui se substitue au saindoux.

La stéarine solidifiée de l'huile de coton, mélangée à la stéarine de graisse de boeuf ou de porc, est utilisée en grand pour la préparation des viandes à Chicago. On en fait aussi une oléo-margarine.

Cocotier

Il est vraisemblable que le cocotier (*Cocos nucifera*) est un palmier originaire d'Océanie. Il est actuellement cultivé dans toutes les régions chaudes et humides, principalement à proximité de la mer. C'est une plante de basse altitude. Toutes les parties du cocotier sont utiles, à l'un ou l'autre titre.

L'albumen oléagineux de l'amande sert de nourriture; séché, il constitue le coprah; broyé et séché, il donne un produit commercial connu sous le nom de Dessicated coconut. Ce dernier remplace les amandes douces dans la confection de mets et de gâteaux.

C'est sa teneur particulièrement élevée en huile (60 - 68 %) qui confère, au coprah, sa grande valeur.

L'amande, non mûre, se présente sous la forme d'un liquide laitoux, riche en matières grasses, qui constitue le lait de coco, boisson alimentaire. A maturité, l'albumen périphérique concrété est le coprah (comme nous l'avons dit) et il demeure au centre un liquide incolore, l'eau de coco, rafraîchissante et légèrement laxative.

La matière grasse extraite du fruit - dit noix de coco - s'appelle beurre ou graisse de coco.

Le tronc sert à la construction des huttes, car le bois est impu-trescible, même dans l'eau.

On recouvre les cases avec les feuilles dont on tire une filasse (raphia) servant à fabriquer des nattes ou des cordages.

Le bourgeon terminal (chou palmiste) est consommé comme légume.

Le fruit, vidé de son contenu, est utilisé comme récipient; son péricarpe fibreux donne la fibre dite coïr, que l'on est parvenu à tisser.

La coque de la noix de coco est susceptible de prendre un beau poli.

De l'inflorescence, on peut retirer un liquide sucré qui, après fermentation, donnera du vin de palme; sa distillation procure une liqueur à forte teneur en alcool, l'arac.

On estime que le liquide sucré précité pourrait produire annuellement 50 kg de sucre par cocotier.

Soya

Le soya ou soja (*Soja hispida*) est une plante herbacée - Famille des légumineuses papilionacées - originaire de l'Asie du Sud-Est, dont l'aspect rappelle celui des haricots nains de nos régions.

Il peut être cultivé dans toutes les régions tropicales, subtropicales, voire dans beaucoup de régions tempérées.

Au cours du XIXe siècle sa culture a été introduite aux Etats-Unis et en Europe.

Le soya est riche en protéines, de composition fort semblable à celle des protéines animales. Il peut donc, dans une certaine mesure, remplacer la viande dans l'alimentation humaine.

L'huile que contient la graine sert de matière première à la préparation de produits très divers (glycérine, vernis, explosifs, émaux, succédanés du pétrole, du beurre, de la graisse). Elle convient en outre comme huile comestible, lubrifiant, huile d'éclairage, et intervient à plusieurs titres dans la fabrication d'imperméables, du linoléum, de savons, du celluloid, d'encre, etc.

La caséine du soya est utilisée pour la fabrication de matières plastiques et de textiles artificiels.

Après macération, les graines permettent l'extraction d'un lait servant à la préparation de fromages, de crème de lait, de lait fermenté, de lait condensé.

Le tourteau sert comme aliment de bétail et comme engrais organique.

Les fanes contiennent des fibres semblables à celles du jute. Elles peuvent, d'autre part, fournir de la cellulose ou être utilisées comme fourrage.

Arachide

L'arachide (*arachis hypogaea*) est une plante herbacée de la famille des légumineuses papilionacées. Sa caractéristique essentielle réside dans le fait que ses fruits (pistache de terre, cacahuète) mûrissent en terre.

Cette plante, déjà cultivée au Pérou avant le XVIIe siècle, paraît être originaire du Brésil. Elle s'adapte aux climats tropicaux et subtropicaux.

L'arachide sert à la préparation d'une huile comestible, obtenue par

pression à froid, et d'huiles industrielles extraites à haute température.

La culture et l'industrie de l'arachide fournissent de nombreux sous-produits : tourteaux de graines (qui donne la farine d'arachide utilisée dans l'alimentation des animaux); les gousses (fertilisant, et aliment pour le bétail); les fanes (fourrage).

Ricin

Le ricin (*Ricinus communis*) est une Euphorbiacée originaire d'Afrique et d'Asie dont il est fait mention depuis la plus haute antiquité (il était déjà connu des Egyptiens).

Le ricin est une plante vivace dans les régions tropicales et annuelle dans les pays tempérés. Il atteint 2 à 5 m de hauteur en culture et 6 à 10 mètres à l'état sauvage.

De nos jours, le producteur principal est l'Inde (Madras et le Bengale), suivie du Brésil.

L'huile raffinée, provenant à froid de graines décortiquées, est utilisée en pharmacie.

Pour la préparation de l'huile industrielle (lubrifiant pour avions), la décortication n'est pas nécessaire. Le tourteau (toxique) est utilisé comme engrais.

Olivier

L'olivier (*Olea europaea*, famille des Oléacées) est un arbre aujourd'hui cultivé sur de vastes étendues, dans la région méditerranéenne notamment, qui dérive d'un arbustre buissonnant, sauvage, épineux, l'oléastre ou olivastre (*Olea Oleaster*) que la culture a transformé en un arbre inermé (sans épines), en même temps que se sont accrus le volume des fruits (olives) l'importance de la pulpe huileuse et sa richesse en huile. L'huile d'olives est la plus appréciée de toutes les matières grasses alimentaires tirées du règne végétal.

La production d'huile d'olives a reculé devant la concurrence des huiles d'arachides et de coton. Elle a également souffert de l'extension prise par l'usage, dans la cuisine, d'autres matières grasses (beurre de coco, huile de palme, etc.).

Les sous-produits de l'extraction de l'huile sont les tourteaux ou grignons (nourriture des porcs) et les margines, résidus de divers décantages (qui peuvent encore donner une huile à brûler).

D. CIRES

Les cires sont des mélanges de cérides, esters d'alcools supérieurs et d'acides gras à poids moléculaire élevé.

I. Cires animales

a) Cire d'abeille

Elle est secrétée par les abeilles et par quelques insectes de la même famille. On l'utilise pour la fabrication des encaustiques, des bougies de cire et, parfois, en pharmacie.

b) Blanc de baleine ou spermaceti

Cette huile transparente est fournie, non par la baleine, mais par le cachalot. Elle est principalement formée de palmitate de cétyle ou cétine. Emplois : cold cream et divers produits de beauté; pharmacie.

c) Cire de suint

Elle s'obtient au moyen de la suintine, graisse brute provenant du lavage des laines de mouton.

II. Cires végétales

Elles sont secrétées par l'épiderme des tiges, des feuilles ou des fruits de certaines plantes : cire de Carnauba (palmier du Brésil), cire de candellilla (herbe du Mexique); cire de palme (palmiers des Indes et de la Colombie).

III. Succédanés des cires naturelles

On les appelle parfois (à tort) cires synthétiques. D'origines chimiques diverses, ce sont des produits de polymérisation, de polycondensation, des paraffines oxydées, des dérivés chlorés des paraffines, et du naphthalène.

IV. Cires minérales

Elles sont obtenues par purification de l'ozokérite, cire fossile rencontrée dans certains terrains pétrolières (Galicie, Moldavie, Moravie).

E. SAVONS

La fabrication industrielle des savons repose sur un certain nombre de propriétés des matières grasses :

- 1° Les matières grasses sont constituées par des mélanges, à proportions variables, d'éthers formés par la glycérine et certains acides gras, tels que les acides stéarique, palmitique, oléique.
- 2° Ces éthers, traités par l'eau sous pression, ou par les alcalis, ou les alcalis, ou les oxydes métalliques à plus basse température, se décomposent en leurs générateurs, glycérine et acides; cette décomposition s'appelle saponification. Le stéarène, par exemple, éther tristéarique de la glycé-

rine, fixe trois molécules d'eau pour donner une molécule de glycérine pour trois molécules d'acide stéarique.

Quand la saponification est produite par la potasse, la soude, ou les oxydes métalliques, l'acide stéarique s'unit avec ces bases pour donner soit un stéarate alcalin, soit un stéarate métallique.

- 3° Les sels d'acides constitutifs des matières grasses constituent eux-mêmes les savons. Les savons à base de potasse ou de soude sont solubles dans l'eau; les savons métalliques sont insolubles. Les savons de potasse sont plus mous que les savons de soude; les premiers constituent les savons mous, les seconds les savons durs. Cependant l'huile de ricin donne, avec la potasse, un savon dur cassant.
- 4° Le sel marin possède la propriété remarquable de précipiter intégralement les savons de leurs solutions aqueuses.
- 5° Les solutions alcalines de sels ou d'acides organiques à poids moléculaire élevé (acides constitutifs des savons) éprouvent, en liqueur très étendue, une décomposition partielle; il se produit d'une part des alcalis libres, d'autre part, un sel acide peu soluble qui se sépare et forme avec l'eau une forte émulsion. C'est sur cette propriété que repose l'usage des savons; les alcalis libres agissent sur des objets souillés de matières grasses en les décomposant partiellement et en les entraînant dans l'émulsion ainsi formée.
- 6° En résumé :
 - 1) Corps gras + Base = Savon + Glycérine (saponification)
 - 2) Corps gras + Eau = Acide gras + GlycérineCette dernière réaction est lente à froid.

F. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Produits oléagineux

1. Les oléagineux des pays équatoriaux et tropicaux sont devenus les principaux fournisseurs d'huile ou de graisse végétales. L'arachide y occupe une place de choix.
2. En effet, et à l'exception de l'olivier, les oléagineux traditionnels (colza, coquelicot, navette, tournesol) sont de moins en moins cultivés depuis

le début du XXe siècle, encore que la graine de lin se défende le mieux.

Margarine

Production de quelques pays en 1957. (en milliers de tonnes)

Allemagne	830,2
Etats-Unis	622,2
U.R.S.S.	449,0
Grande-Bretagne	357,2
Pays-Bas	232,0
Suède	116,1
Belgique	95,3 (101,2 en 1958)
France	94,9
Danemark	90,2
Canada	61,9
Tchécoslovaquie	60,0

Merksem est le principal centre de production (70 %) de l'industrie margarinière de la Belgique.

Beurre

Belgique (1958) : Production : 90 000 T, dont 40 000 à la ferme.
Importation: 20 000 T.

Voici quelques chiffres extraits d'une statistique sur la production du beurre dans le monde en 1952 (en milliers de tonnes) :

Etats-Unis	547
Allomagne Fédérale	380
U.R.S.S.	355
France	275
Nouvelle-Zélande	195
Danemark	152

En Belgique, les laiteries et fromageries qui, en 1958, ont fabriqué 50 000 T de beurre, ont livré aux consommateurs, en cette même année, 413 millions de litres de lait, produit 15 500 T de fromages, 30 400 T de lait concentré, 7 300 000 litres de glaces et 14 100 T d'aliments diététiques et spéciaux.

CHAPITRE XV

CUIRS ET PEAUX

GENERALITES

Les peaux principalement utilisées à la fabrication des cuirs sont les peaux des animaux domestiques (boeufs, vaches, veaux, moutons, chevaux, porcs, chèvres).

La partie la meilleure du cuir est le croupon (dos), le collet (cou et épaules). Les flancs et les pattes sont moins estimés. Les parties de la peau inutilisables pour le tanneur (tête, oreilles, babines, etc.) sont appelées émouchets.

Outre les peaux des animaux de boucherie, on utilise la peau de nombreux animaux : renne, antilope, phoque (maroquinerie), reptiles (rong, pythons, serpents d'eau, lézards, crocodiles). Les poissons eux-mêmes, tels que les squales, donnent des peaux estimées pour certains emplois (galuchet).

DIFFERENCE ENTRE LES CUIRS ET LES PEAUX

Les expressions peaux et cuirs s'employant parfois l'une pour l'autre, la Douane a admis le terme "cuirs" pour les cuirs à semelle, les cuirs pour empeignes et similaires, et le terme "peaux" pour toutes les peaux préparées d'une autre manière (peaux mégissées et chamoisées, parcheminées, etc.).

CONSERVATION DES PEAUX

Les peaux fraîches doivent être protégées contre une putréfaction rapide. Les procédés employés sont : le salage, le chaulage (la chaux se met du côté chair), le séchage (à l'air : Brésil, Argentine, Madagascar), le biculage (traitement à l'acide sulfurique dilué et au sel marin), le tips (application d'une pâte contenant du sel gemme, du sulfate de sodium, du carbonate, etc.).

TRAITEMENT DES PEAUX AVANT LE TANNAGE

Les peaux en poils qui arrivent à la tannerie doivent d'abord être transformées en peaux en tripes.

Cette préparation, le travail en rivière, exige une quantité d'eau considérable. Elle comprend :

1. Le revordissage : lavage à l'eau pour assouplir les peaux et leur rendre l'état des peaux vertes;

2. L'épilage : traitement aux alcalis qui détruisent la kératine des poils et respectent le derme;
3. L'écharnage : enlèvement des tissus adipeux sous-cutanés encore adhérents à la peau du côté chair;
4. Le déchaulage : élimination de la chaux par divers procédés.

TANNAGE

Les peaux ayant subi les traitements précédents sont soumises au tannage. Ce dernier a pour but de les rendre imputrescibles et d'empêcher leur gonflement à l'eau.

Les divers procédés de tannage sont :

1. Le tannage au moyen des tanins végétaux : pendant longtemps, les cuirs ont été tannés avec l'écorce de chêne;
2. Le tannage à l'alun ou au sulfate d'aluminium (hongroyage et mégisserie);
3. Le tannage au chrome (le plus répandu actuellement), le tannage au fer;
4. Le tannage à l'huile (chamoiserie);
5. Le tannage au formol (cuirs souples lavables);
6. Le tannage par divers succédanés du tanin, dits tanins synthétiques.

GÉOGRAPHIE ECONOMIQUE

Les peaux brutes sont évidemment fournies par les pays de grand élevage bovin (Amérique du Sud, par exemple). Elles sont travaillées dans tous les grands pays industriels : tannerie, mégisserie, industrie de la chaussure, maroquinerie, corroierie, etc.

Les industries du cuir sont fort développées en Belgique. Les principaux centres de la tannerie sont la province de Hainaut (la région de Tournai avec Peruwelz, le Borinage et Soignies), le Brabant, la Flandre orientale, la province de Liège et Turnhout.

La région de Liège produit des courroies et des cuirs pour filatures. La maroquinerie et la chamoiserie sont développées à Bruxelles, Anvers, etc. Bruxelles fabrique des peaux pour gants, des cuirs vernis. L'industrie de la chaussure est surtout importante en Flandre (Iseghem, Thourout, Alost, Boom, Lièrre, etc.).

CHAPITRE XVI

CEREALES - MEUNERIE - BOULANGERIE

A. CEREALES

LES CEREALES

On donne le nom de céréales à des plantes de la famille des Graminées ou Graminacées (sauf une seule, le sarrasin, qui appartient à la famille des Polygonacées) qui sont cultivées pour leurs graines farineuses, essentiellement destinées à la nourriture de l'homme, et quelquefois aussi à celle des animaux domestiques.

Les principales graminées céréalières appartiennent aux genres avéna (avoine), triticum (blé ou froment), zea (maïs), hordeum (orge), oryza (riz) et secale (seigle).

DONNEES BIOLOGIQUES

Les possibilités culturales d'une céréale, dans un milieu donné, sont fonction des réactions de la variété cultivée aux conditions de ce milieu (sol et climat). Parmi les facteurs du milieu, le climat est celui dont l'influence apparaît prépondérante, et sur lequel l'action humaine n'a pas de prise actuellement.

Le blé

Le blé appartient à la famille des Graminacées, genre Triticum.

Pratiquement deux espèces sont actuellement cultivées sur des surfaces importantes : Triticum durum (le blé dur) et Triticum vulgare.

Il existe encore, pour certaines autres espèces, des flots de culture : engrain, épeautre, persicum.

Il est utile, pour obtenir des résultats favorables (qualité du grain, résistance aux maladies, rendement à l'hectare) de cultiver des variétés adaptées aux conditions climatiques régionales.

La production, qui donne la quantité de grains destinés à la consommation, ne doit pas faire perdre de vue la qualité du produit fourni. Pour le blé, cette qualité est surtout représentée par la force boulangère. Celle-ci résume certains aspects physiques et mécaniques de la farine.

Rendement : on est arrivé à dépasser 65 quintaux à l'hectare.

L'Avoine

Cette céréale appartient au genre *Avena* de la famille des Graminacées.

Ce genre comporte deux sections :

Section I : *Eruavena* gris (plantes annuelles)

Section II : *Avenastrum* Koch (plantes vivaces).

Les variétés cultivées font partie de la section *Eruavena*, la seconde section étant constituée par des plantes dites mauvaises herbes.

La qualité de l'avoine est surtout exprimée par le pourcentage d'amandes (l'amande est la graine dépouillée de ses téguments ou enveloppes). Il existe à cet égard des différences non seulement parmi les variétés cultivées mais également entre les années de culture. Ce pourcentage varie de 65 à 73 %.

L'avoine, considérée comme céréale secondaire, est utilisée dans l'alimentation du bétail. Elle est aussi employée dans la nutrition humaine sous forme de grains décortiqués et écrasés (flocons d'avoine).

Rendement : 50 quintaux à l'hectare.

L'Orge

L'orge cultivée appartient à l'espèce *Hordeum sativum* qui, avec plusieurs autres espèces sauvages, constitue le genre *Hordeum*, de la famille des Graminacées.

La distinction, au point de vue botanique, entre orges à quatre et à six rangs a tendance à disparaître, car elle repose sur un caractère extrêmement fragile. Dans la pratique, les orges à quatre et à six rangs sont appelées escourgeons; dans certaines régions, les orges à deux rangs sont dénommées palmelles.

La qualité recherchée varie suivant la destination de l'orge. Si le grain est destiné à l'alimentation du bétail, on recherche une teneur élevée en protéines; au contraire, si l'orge est employée en brasserie, une faible teneur en protéines est plus appréciée.

Le seigle

Cette graminée (*Secale cereale*) est récoltée dans les terres maigres, riches, calcaires, où le blé ne donnerait qu'un rendement inférieur; mais l'emploi des amendements chimiques, phosphatés potassiques et azotés a permis à beaucoup de ces régions, jadis très pauvres (Champagne, Allemagne, Russie, etc.) d'y installer aujourd'hui la culture rémunératrice du blé, d'où diminution de la production mondiale du seigle.

Il est vraisemblable que le prototype du seigle est le secale montagnard, qui croît à l'état sauvage dans la région de Hermon, en Asie mineure.

La farine de seigle, mêlée à celle du blé, donne ce qu'on appelle la farine de méteil, encore consommée à cause de la saveur agréable du pain qu'on en peut fabriquer. Mêlée avec du miel, et aromatisée, la farine de seigle entre dans la composition du pain d'épices.

Le grain peut être employé avantageusement dans l'alimentation des animaux, cuit ou grossièrement moulu.

Le maïs

Originnaire de l'Amérique centrale, le maïs (*Zea Mays*, famille des Graminacées) est cultivé au Mexique et au Pérou depuis des temps immémoriaux. Il en existe de nombreuses variétés et la plante originelle semble être l'*Euchlona mexicana*, connue des Incas.

Certaines variétés donnent des fruits mûrs dans nos régions mais elles ne supportent pas les gelées.

Moins utilisé en Asie que le riz, le maïs est au contraire l'une des céréales préférée en Amérique. Il est cultivé aussi sur la côte d'Afrique (Dahomey, Lagos, Togo).

On a envisagé la culture industrielle du maïs en vue de l'extraction du sucre contenu dans la moelle de la tige.

On distingue la culture du maïs grain de celle qui est destinée à produire du fourrage.

La pharmacie utilise les styles de maïs, désignés à tort sous le nom de "Stigmates de maïs", comme diurétique. L'huile de maïs, très digestible, est d'un usage de plus en plus répandu.

Le riz

Le riz (*Oryza sativa*) est avec le blé et le maïs l'une des trois principales graminées alimentaires du monde.

Originnaire de l'Inde, cultivé en Chine près de trois mille ans avant J.-C., il est passé au Japon au XVII^e siècle avant l'ère chrétienne, puis s'est répandu à Ceylan et à peu près dans la plupart des régions tropicales ou chaudes.

Si le blé est une plante des zones tempérées froides, le riz croît dans les régions chaudes, subtropicales et tropicales, dans les régions basses (deltas du Yang-Tsé, du fleuve Rouge, du Mékong, du Gange, etc.) où il est facile d'organiser une irrigation raisonnée (rizières).

Le grain, mis en liberté par le battage, constitue le riz paddy enveloppé dans sa balle. Par décorticage et polissage, on obtient le riz blanc et le riz glacé. Le riz cargo - tout venant du commerce - est le grain décortiqué renfermant encore du paddy. Les riz gluants s'agglutinent par le cuisson; par contre, les non-gluants (très amyliques) ne s'agglutinent pas par la

cuisson.

L'alcool qui provient de la fermentation du riz s'appelle saké.

Le sarrasin

Le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*), bien que n'appartenant pas à la famille des Graminacées, est considéré comme une céréale.

Cette appellation est due à la destination de son grain qui fournit une farine non panifiable utilisée dans l'alimentation humaine (Allemagne, Russie, Bretagne).

Le blé noir ne sert plus guère aujourd'hui que pour la nourriture des oiseaux.

Amidon

On appelle amidon la matière amylacée que l'on retire des grains des céréales (celle des pommes de terre est désignée sous le nom de féculé; le dahlia, le topinambour, l'*Inula helenium* renferment de l'inuline).

On trouve dans le commerce l'amidon de froment, très blanc, servant surtout à exposer le linge; l'amidon de maïs, blanc jaunâtre, est utilisé dans l'industrie textile et pour préparer les colles; enfin, l'amidon de riz est principalement employé pour empeser le linge.

Gluten

Substance albuminoïde ou azotée, que l'on rencontre dans les grains des céréales, et surtout dans le froment.

Sa principale propriété consiste dans son élasticité : c'est grâce au gluten que les farines sont panifiables.

P. MEUNERIE

But de la meunerie

La meunerie a pour but de séparer, dans certaines céréales, la partie assimilable du grain des éléments non digestibles (le son).

Matières premières

La meunerie travaille plusieurs céréales, en premier lieu le blé, puis le seigle, la fève, le maïs, le riz, l'avoine, l'orge.

Les blés en meunerie

Au point de vue des caractères physiques et des propriétés alimentaires de leurs farines, on distingue :

- 1° Les blés durs, riches en gluten (type Manitoba) qui donnent une farine jaune ou grisâtre-jaune. Ils sont indispensables pour certains usages : pâtisserie, pains de régime;
- 2° Les blés demi-durs qui permettent de séparer deux farines : l'une grisâtre, riche en gluten (fabrication du vermicelle et autres pâtes alimentaires), l'autre blanche, dite farine de gruau, qui donne un pain excellent;
- 3° Les blés tendres ou blés blancs, moins riches en gluten, produisent une farine recherchée par les amidonniers.

Schéma de la mouture

Avant de broyer le grain, on procède à son nettoyage (cribles, avec aspiration des poussières, épierreurs, aimants).

Le blé propre passe ensuite au broyage.

Par sassage, on sépare les semoules blanches et les semoules vêtues qui retiennent encore un peu des enveloppes du grain.

Les semoules blanches sont "converties" dans les convertisseurs (broyeurs à cylindres lisses, tournant à la même vitesse, qui procèdent par écrasement et non par arrachement). Les résultats du convertissage constituent les macoules.

Quant aux semoules vêtues, elles sont traitées dans les désagrégateurs (broyeurs à cylindres finement canelés).

Produits obtenus

L'ensemble des produits recueillis à la sortie des broyeurs s'appelle la boulangue.

Les semoules et gruaux sont des fragments d'amande farineuse auxquels peut adhérer encore une particule d'écorce.

La farine est l'amande farineuse. Toute la farine n'est pas utilisée pour la panification; celle qui provient des cellules les plus voisines de l'écorce et dont la teinte est un peu grise, est extraite à part et forme ce que l'on appelle la farine seconde.

Les grosses particules de l'écorce du grain forment le son. Ces particules, débarrassées de la farine qui y adhère encore, portent le nom de fins sons ou recoupettes, ou repassos.

C. BOULANGERIE

PANIFICATION

C'est l'ensemble des opérations par lesquelles on transforme la farine, puis la pâte, en pain.

Elle comporte divers stades : hydratation de la farine, pétrissage, fermentation de la pâte, cuisson du pâton.

Hydratation

L'hydratation (apport d'eau) de la farine dissout les parties solubles (dextrine, glucose et sels) et gonfle les parties insolubles (amidon et gluten). On forme ainsi une pâte homogène.

Les pâtes

Quel que soit le mode de pétrissage utilisé, on distingue trois espèces de pâtes qui diffèrent entre elles par la quantité relative d'eau et de farine :

- 1° La pâte ferme, qui contient le plus de farine; elle donne moins de déchets à la cuisson et fournit un pain qui se conserve mieux;
- 2° La pâte douce, qui demande une cuisson plus courte et donne un déchet très considérable;
- 3° La pâte batarde, qui se place entre les deux autres.

Pétrissage

Le malaxage de la farine avec l'eau constitue l'opération que l'on nomme pétrissage : pétrissage à la main - autrefois, ou encore à la campagne - et, aujourd'hui, pétrissage mécanique.

On ajoute du sel de cuisine pour améliorer la saveur du pain, ainsi que du levain (aujourd'hui, de la levure de bière) pour faire lever la pâte afin de rendre le produit obtenu de digestion plus facile.

Le levain

On appelle levain une portion de pâte prélevée à la fin de chaque opération et dans laquelle les influences de l'eau et de l'air ont déterminé la formation du ferment.

Levure de bière

On peut remplacer le levain par la levure de bière qui agit plus

vivement; mais il faut observer certaines précautions, car, employée en trop fortes proportions, cette substance communiquerait au pain/ de l'amertume et de l'odeur de la bière et du houblon. /une partie

Fermentation panaire

C'est une fermentation alcoolique, transformant les sucres en alcool et en anhydride carbonique.

Cuisson

Au cours de la cuisson, sous l'action de la chaleur du four, l'alcool et une partie de l'eau se vaporisent; l'anhydride carbonique se dégage à l'état gazeux et se dilate. Il en résulte un gonflement rapide du p^âton.

Quand la température est suffisante, le gluten perd son état colloïdal et se coagule, fixant ainsi le volume définitif du pain.

Dans les boulangeries industrielles, on emploie souvent des fours continus : un dispositif permet d'enfourner les p^âtons dans une partie très chaude et très humide, puis de les diriger vers des zones de moins en moins chaudes.

D. GEOGRAPHIE ECONOMIQUE

Blé

1. Le blé est la céréale la plus nourrissante du monde, après le riz;
2. La culture du blé rencontre de nombreuses facilités : adaptation à des climats variés, aire de culture étendue, production considérable, hauts rendements;
3. Remarque importante : le blé est une marchandise qui s'entrepose et se transporte facilement;
4. Les plus gros producteurs ne sont pas toujours les principaux consommateurs;
5. Le blé, de tous les produits alimentaires, est celui qui donne naissance au commerce le plus important.

Voici quelques chiffres concernant la production en 1949-1951 :

	<u>Froment</u>		<u>Avoine</u>	
Production mondiale	191 millions de T		75 millions de T	
U.R.S.S.	49	" 25,7 %	26	" 34,7 %
Etats-Unis	28,6	" 15 %	19,6	" 26,1 %
Chine	21	" 11 %	-	
Canada	11,9	" 6,2 %	6,3	" 8,4 %
France	7,6	" 4 %	3,4	" 4,5 %
Allemagne fédérale	-		3,8	" 5,1 %

Nos principaux fournisseurs sont le Canada, les Etats-Unis et l'Argentine.

Riz

1. Les principaux pays producteurs de riz sont situés dans l'Asie des moussons;
2. L'aire de culture pourrait être plus étendue à ne considérer que la nature des sols et les conditions climatiques;
3. Ce qui limite l'extension de la culture du riz, c'est la nécessité d'une main-d'oeuvre très importante;
4. Si cette main-d'oeuvre jouissait de salaires élevés, le prix du riz deviendrait prohibitif.

Farine

Autrefois, on ne pouvait pas dire que la meunerie était une véritable industrie : le moulin à vent ou à eau ne travaillait qu'à façon et au fur et à mesure que le blé lui était apporté. Le client emportait sa farine et ses issues.

Le développement du machinisme, l'importance croissante des agglomérations urbaines, a amené la création de minoteries industrielles fixées, souvent, à proximité des gros centres de consommation.

La situation diffère suivant les caractères économiques du pays envisagé.

Un pays sans agriculture, comme l'Angleterre, possède ses moulins dans ses ports pour être à proximité des apports de blé étranger. Par contre, les pays agricoles comme le Canada et l'Australie, construisent de puissantes minoteries sur les lieux de production.

Notre pays doit importer des tonnages considérables de céréales, ce qui explique la localisation des grandes minoteries dans les ports et le long de certaines voies navigables : Anvers, Gand, la région entre Vilvorde et Hal, le long de la Dendre, ainsi que dans les régions de Louvain, Roulers et Charleroi.

Notre industrie de pâtes alimentaires, traitant principalement les semoules de blé dur en provenance des Etats-Unis et du Canada, se trouve pratiquement centralisée dans l'agglomération bruxelloise et à Louvain. Les biscuiteries sont situées avant tout dans les agglomérations anversoise et bruxelloise, cependant que la fabrication de pâtisserie industrielle, biscottes, pains d'épices, etc. se rencontre principalement à Bruxelles, Anvers, Turnhout, Alost, Eeklo. Cette dernière industrie exporte quasi le tiers de sa production; ses meilleurs clients sont le Royaume-Uni et les Pays-Bas.

CHAPITRE XVII

S U C R E

A. GENERALITES

Les glucides

Les glucides comprennent les sucres réducteurs et les composés donnant par hydrolyse un ou plusieurs sucres réducteurs.

On les divise en trois groupes :

- 1° Les oses, qui sont des sucres réducteurs non hydrolysables (pentoses, hexoses, etc.);
- 2° Les osides, qui donnent par hydrolyse un ou plusieurs oses, et parmi lesquels on distingue : les holosides (saccharose, lactose, maltose, etc.) dont l'hydrolyse produit uniquement des oses, et les hétérosides (anciens glucosides) dont l'hydrolyse donne un ou plusieurs oses et une substance non glucidique, appelée aglycone.
- 3° Les osanes, produits de poids moléculaire élevé, qui peuvent être considérés comme des produits de déshydratation des oses, et dont l'hydrolyse fournit également des oses.

Glucose

Le glucose (dextrose, sucre de fécule, sucre de raisin; $C^6H^{12}O^6$) est abondamment répandu dans l'organisation végétale; c'est lui qui forme cette poussière blanche qui recouvre les pruneaux et les figes sèches; il existe dans le miel en assez forte proportion.

Industriellement, on l'obtient par transformation des féculs traités à chaud par l'acide sulfurique dilué et ensuite éliminé par addition de craie. Il s'agit d'un sucre de saveur moins sucrée que le saccharose, très soluble dans l'eau, l'alcool. Il sert dans la préparation des confitures, fruits confits, bières bon marché; il est employé aussi en apprêt.

Saccharose

Le saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$ ou sucre ordinaire, dit selon son origine sucre de canne, sucre de betterave, se trouve à l'état très pur, soit en tablettes sous forme de sucre raffiné (sucre cassé), soit en petits cristaux sous forme de cristallisés ou granulés des sucreries, soit en poudre fine (sucre glace), soit en gros cristaux (sucre candi).

Les granulés roux ou cassonades et les candis roux sont souillés de mélasse.

Le saccharose est employé en alimentation, pâtisserie, confiserie, liquoristerie, chocolaterie.

Les cristaux de saccharose sont très durs et répandent des lueurs dans l'obscurité quand on les brise. Ils sont inaltérables à l'air.

Le sucre se dissout dans la moitié de son poids d'eau froide et forme un liquide épais, un sirop; il se dissout dans le quart de son poids d'eau à 80°; dans un cinquième à 100°. Le sucre est insoluble dans l'éther et dans l'alcool absolu froid.

Le sucre fond à 180° et se prend par le refroidissement en une masse vitreuse (sirop d'orco). A une température plus élevée, apparaissent des produits mal définis, jaunes et bruns (caramel); il se dégage ensuite de l'eau, des gaz combustibles et, enfin, il reste un charbon volumineux, très léger charbon de sucre.

Le sucre, associé avec les hydrates basiques, forme diverses combinaisons parfois cristallisables, nommées sucrates.

Ainsi, l'eau sucrée dissout la chaux beaucoup mieux que l'eau pure; il se fait des sucrates de chaux qui jouent un rôle important dans la purification des jus sucrés fournis par les végétaux.

LES SUCRES VEGETAUX

Le sucre existe dans un grand nombre de végétaux: on en trouve dans la pomme de terre, et, à plus forte raison, dans la patate douce, dans la carotte, le maïs, le blé, le sorgho, les fruits de toute sorte. La sève de certains arbres contient du sucre, en particulier, celle de l'érable. Mais les quantités produites par ce dernier végétal restent faibles, aussi peut-on estimer que les régions froides n'en fournissent pratiquement pas. Au contraire, les régions tempérées, comme les pays chauds, peuvent en donner de grosses quantités, car, dans chacun de ces deux groupes, il existe une plante à sucre spécialisée: la betterave à sucre et la canne à sucre.

B. SUCRE DE BETTERAVE

A. Betterave

Le *Beta vulgaris* est une plante bisannuelle (famille des Chénopodiacées) qui, à l'état sauvage, possède une racine grêle, charnue, à qui l'on fait produire, par des cultures sélectionnées, des racines tuberculeuses énormes, dont le poids peut atteindre jusqu'à 4 ou 5 kilogrammes, et que l'on récolte la première année avant la production de la tige florifère.

Toutes les bettes cultivées semblent dériver de cette espèce et on peut les grouper en deux séries: Var. *cycla* (Poirée ou Bette) dont on mange les feuilles et surtout les pétioles et la nervure médiane; Var. *rapa*

(betterave) alimentaire, ou spécialement destinée à la fabrication du sucre selon les races. On n'a cessé, par une sélection rigoureuse, de créer des types de plus en plus riches en sucre (10 à 15 %).

Le sucre de betterave a été découvert, en 1745, par le chimiste prussien Sigismond Margraff.

Mélasse

Epais sirop brun noirâtre, résiduel des sucreries et raffineries; contient 30 à 35 % de saccharose associé à de nombreuses matières gommeuses, pectiques et salines.

La mélasse de betterave a un goût désagréable : elle sert en distillerie industrielle, pour l'extraction du sucre et la préparation des fourrages mélassés. La mélasse de raffinerie, qui contient moins de sels que les mélasses de sucrerie, sert en pâtisserie, en biscuiterie.

Sous-produits de la fabrication du sucre

Outre le sucre cristallisé, la sucrerie produit des pulpes, des écumes, de la mélasse.

1. Utilisation des pulpes

Alimentation du bétail pendant les mois d'hiver et de printemps.

2. Utilisation des écumes

Elles contiennent 50 % de carbonate de chaux, d'où leur utilisation pour la neutralisation de l'acide des terres (procédé plus efficace que le marnage ou le chaulage).

3. Utilisation de la mélasse

Fourrages mélassés -- Matière première de la levure de panification -- En distillerie : production de l'alcool éthylique.

C. SUCRE DE CANNE

La canne à sucre

La canne à sucre (*Saccharum officinarum*) est une graminée vivace qui, en certains endroits, est cultivée comme plante annuelle (Java, Inde). Sa tige atteint de 2 à 5 m de hauteur et de 3 à 5 cm de diamètre.

La canne est originaire, croit-on, de l'Asie méridionale. Les Chinois la connaissaient bien avant notre ère. C'est au Moyen-âge que la canne apparut en Egypte, en Sicile et dans le sud de l'Espagne, d'où au XVe siècle,

elle se propagea aux Canaries et en Afrique occidentale. Au début du XVII^e siècle, elle fut introduite au Brésil. Aux Etats-Unis, sa culture n'est pratiquée que depuis le XVIII^e siècle.

La canne étant une plante épuisante, elle requiert des sols de bonne qualité physique, de nature plus ou moins argileuse, mais perméables.

L'espèce sauvage est inconnue.

100 kg de tiges de cannes préparées donnent 86 à 88 % de jus, soit 14 kg de sucre.

Usages

La cassonade et le sucre blanc cristallisés ont les mêmes usages, pratiquement, que le sucre de betterave.

La mélasse résiduaire contient encore 30 à 35 % de sucre. Elle entre dans l'alimentation des bestiaux sous forme de paille mélassée. Elle sert aussi à la confection de pain d'épices et a une valeur fertilisante, étant assez riche en potasse. Elle sert à fabriquer de l'alcool.

Par fermentation, suivie de distillation, d'un mélange de 10 % de mélasse fraîche, 30 % d'eau et 60 % d'un résidu non distillé provenant d'un alcool ayant antérieurement servi, on obtient du rhum. La quantité de rhum produite correspond à environ 80 % du volume de mélasse mis en jeu.

D. SUCRE D'ERABLE

L'érable à sucre (*Acer saccharinum*) est un bel arbre, sur lequel on fait au printemps (au Canada et dans le nord des Etats-Unis) des incisions profondes, soit des trous à la tarière, à environ un mètre du sol. Le liquide sucré est recueilli dans un récipient fixé à l'arbre; sa saveur est celle de l'eau sucrée et il contient 3 à 4 % de saccharose.

Par ébullition et concentration du sirop, on obtient un sucre solide, compact, coloré, cristallisé.

250 arbres adultes donnent 500 kg de sucre et certaines exploitations opèrent sur 10 000 à 20 000 arbres.

La surproduction du sucre de canne et du sucre de betterave, et aussi le fait d'attendre plus de 10 à 15 ans le développement des arbres limitent la production du maple sugar, dont l'utilisation de ce fait est absolument locale.

E. ASPECT ECONOMIQUE

Sucre

1. Le sucre fut longtemps un produit rare et cher. Ce n'est qu'au XVIII^e siècle que son usage commence à se généraliser. Jusqu'au XVIII^e siècle, la canne domine le marché du sucre.

2. Tous les climats chauds conviennent à la canne, mais les rivages de la mer des Antilles constituent son domaine par excellence.
3. La betterave à sucre réussit dans les pays tempérés, particulièrement de la Grande-Bretagne à la Russie.
4. La canne et la betterave à sucre sont des plantes exigeantes quant à la nature du sol et de la main-d'oeuvre.
5. C'est à cause du blocus continental que la betterave a pu se développer, grâce à la suppression temporaire de la concurrence de la canne.
6. La conférence internationale de Bruxelles (1902), en supprimant le régime des primes à l'exportation, freine les progrès du sucre de betterave.
7. La concurrence entre les deux sucres, faussée par les interventions des pouvoirs publics (subventions, droits de douane, etc.) conduit à la surproduction.
8. Dès 1931, le plan du colonel Chadbourne vise l'organisation du commerce mondial du sucre.
9. Une carte économique de notre pays montre que la culture de la betterave à sucre est le monopole des polders et de la zone limoneuse, tout particulièrement de la Hesbaye, du Hainaut et du Evénant.

L'industrie sucrière se subdivise en deux "groupes" nettement distincts, à savoir en sucreries pour la production du sucre brut, et en raffineries, pour le raffinage du sucre brut. La betterave étant un produit onéreux à transporter et la pulpe devant, dans la plupart des cas, être cédée aux cultivateurs pour l'alimentation et bétail, les sucreries (27 en 1957) sont très dispersées, cependant que les raffineries et candiseries-raffineries (une dizaine) sont fortement centralisées et ce, d'autant/que nous devons importer de grandes quantités de sucres bruts de betteraves (de France) et de cannes (des Antilles : Cuba, Haïti, République Dominicaine).

Les sucreries se rencontrent un peu partout dans les zones de production betteravière; les raffineries sont centralisées à Tirlonmont et Oreyo; cependant que les candiseries-raffineries sont presque toutes établies dans l'agglomération anversoise et à Bruxelles. Nos principaux clients étrangers de sucre raffiné sont le Maroc et le Moyen-Orient (Iran surtout); nos exportations de sucre cristallisé sont dirigées principalement vers l'Espagne, la Suisse, l'Italie.

Voici quelques chiffres illustrant l'importance de cette industrie:

Personnel des sucreries et raffineries :	environ 10 000
Production de sucre brut :	390 000 T en 1957, 390 000 T en 1958,
Production de sucre raffiné :	184 300 T en 1957, 190 500 T en 1958
Consommation de confiserie (sans chocolat) :	26 000 T en 1957, 26 000 T en 1958
Importations de sucre :	102 200 T en 1957
Exportations de sucre :	89 000 T en 1957
Consommation de sucre :	240 000 T en 1957.

Production mondiale du sucre (en millions de tonnes)

1937-38 : 27 720

1956-57 : 40 800

Participation des principaux pays producteurs :

1937-38 : Cuba	11,8 %	1956-57 : U.P.S.S.	12,3 %
U.P.S.S.	9,5 %	Cuba	11,7 %
Etats-Unis	6,0 %	Bésil	5,7 %
Union Indienne	3,9 %	Union Indienne	5,1 %
Bésil	3,7 %	Rép. Féd. All.	3,7 %

CHAPITRE XVIII

BOISSONS ALCOOLIQUES

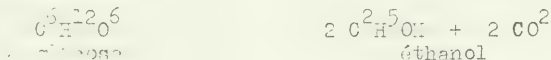
A. FERMENTATION

Fermentation alcoolique

Les solutions étendues de glucose, abandonnées à elles-mêmes à une température de 25° à 30°, sont le siège d'une réaction tumultueuse qu'on a désignée sous le nom de fermentation. De l'acide carbonique se dégage et de l'alcool apparaît dans le liquide, tandis que le glucose disparaît.

Les travaux de Pasteur ont établi d'une façon décisive que cette transformation est due au travail d'organismes microscopiques vivants, appelés pour cette raison ferments alcooliques. C'est parmi eux que se rangent les levures de bière; par exemple, la levure appelée *Saccharomices cerevisiae*.

C'est sous l'action de diastases secrétées par ces levures et, en particulier, de la zymase produite par la levure de bière, que certains sucres comme le glucose et son isomère le fructose, subissent la transformation appelée fermentation alcoolique, qui se traduit par la formation d'éthanol et de gaz carbonique :



Cette équation qui traduit le résultat final d'une série de transformations complexes, se rapporte à environ 25 % du glucose disparu. A côté de ces deux produits principaux $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ et CO_2 , il se forme en outre du glycérol (2 à 5%), de l'acide succinique (1 %) et des alcools supérieurs (propylique, isobutylique et isoamylque).

B. ALCOOL

Matières premières

Les substances susceptibles d'être employées à la fabrication de l'alcool sont :

- 1° Les boissons fermentées dans lesquelles l'alcool se trouve tout formé. Leur distillation, le plus souvent, a pour but l'obtention de liqueurs plus riches en alcool (40 à 50 %) appelées eaux-de-vie (cognac, armagnac, etc.).

Le rhum s'obtient par la distillation des mélasses et des écumes de sucre de canne fermenté. On nomme tafia, dans les colonies françaises, ce que l'on appelle rhum dans les colonies anglaises. Le kirsch se prépare en distillant le jus de cerise fermenté.

- 2° Les substances qui renferment un sucre fermentescible par la levure (glucose, lévulose, saccharose, maltose), notamment la betterave à sucre, la canne à sucre et les fruits (pommes et raisins), les mélasses résiduelles de la fabrication du sucre.
- 3° Les produits contenant de l'amidon, de l'inuline, de la cellulose, qui peuvent être transformés, par la levure, en sucres fermentescibles au moyen d'une diastase hydrolysante ou d'un acide (céréales, riz, pommes de terre, bois).
- 4° Les produits permettant d'obtenir de l'alcool de synthèse, notamment l'éthylène se trouvant dans les gaz provenant du cracking des combustibles naturels (houille et pétrole) et l'acétylène.

Le cognac et l'armagnac

Le cognac est le produit de la distillation des vins des Charentes. C'est une eau-de-vie très spéciale qui ne peut être obtenue nulle part ailleurs. La distillation des vins est, dans le pays du Cognac, d'origine très ancienne. Des actes notariés datant de 1549 en font mention. Dès 1750, il sortait chaque année par le port de La Rochelle de 35 000 à 40 000 barriques de 27 veltes, soit près de 80 000 hectolitres.

Avant la crise phylloxérique de 1875, le vignoble charentais occupait environ 266 212 hectares et produisait annuellement une moyenne de 3 à 9 millions d'hectolitres. Ce n'est que vers 1893 que les récoltes, déprimées depuis 1880, redevinrent un tant soit peu importantes.

L'eau-de-vie d'Armagnac c'est la soeur jumelle de l'eau-de-vie de Cognac. Faite avec des vins de raisins frais de la région de l'Armagnac (Gers, Landes, Lot-et-Garonne) elle était servie sur le table des rois de France depuis Henri IV.

L'armagnac n'est qu'à 52° tandis que les cognacs titrent 66° et même 68°.

Cidre et poiré

Le cidre est une boisson ayant pour base le jus de pomme fermenté : cidre de Normandie, de Bretagne, du Havre.

Opérations relatives à la fabrication du cidre : triage, lavage et broyage des pommes à cidre; cuvage de la pulpe; pressurage et trempage (rémise) du marc; fermentation (ou bouillaison) du moût; mise en barrique, en citerne ou en bouteilles.

Le bouillage est la première fermentation du jus.

Le cidre pur jus est fabriqué sans addition d'eau. Quant au petit cidre, il renferme moins de 395 d'alcool.

L'eau-de-vie de cidre porte le nom de calvados. Le terme "cidre"

s'emploie, par extension, pour les boissons préparées avec le jus fermenté d'autres fruits : cidre de corne, cidre de poire. Le cidre à deux trains est fait avec des pommes d'espèces différentes.

Le poiré est le jus fermenté de la poire : il se conserve mal.

Whisky, gin, genièvre

Le whisky est l'eau-de-vie de grain (d'Ecosse ou d'Irlande).

Notez la différence d'orthographe dans l'usage commercial anglais : Scotch whisky et Irish whiskey.

Dans le langage familier, Scotch signifie whisky (écossais). A glass of Scotch = un whisky.

Le whisky peut se boire sec (dry) ou dilué : avec de l'eau (whisky-water), de l'eau minérale (whisky soda), du lait (whisky and milk).

Pour la fabrication du whisky, on utilise en Ecosse, en Irlande, en Angleterre, principalement le malt d'orge (barley), et, aux Etats-Unis, le maïs (maize) et le seigle (rye).

Le gin (mot anglais signifiant geneva, c'est-à-dire genièvre) est une eau-de-vie de grain (orge, blé, avoine) fabriquée en Angleterre et en Ecosse.

Les fruits de genièvre (ou genévrier, juniperus communis) sont réputés diurétiques et sudorifiques; ce sont aussi des condiments appréciés.

En faisant fermenter ces fruits, ou après macération dans l'alcool de grains puis distillation, on obtient un alcool de bouche qui a reçu les noms de genièvre en France, gin en Angleterre, schiedem en Hollande, hasselt en Belgique...

La vodka est une sorte d'eau-de-vie de grain, d'un usage très répandu en U.R.S.S.

6. VIN

Fabrication du vin

La fabrication du vin comporte un certain nombre d'opérations :

1. La vendange ou récolte du raisin qui se fait en août et septembre.
2. Foulage : écrasement des grains de raisin pour en exprimer le jus sucré.
3. Fermentation du jus de raisin ou moût, c'est-à-dire transformation du sucre en alcool.
4. Décuvage ou décuvaïson : le vin est retiré de la cuve après fermentation.

5. Pressurage : extraction au moyen de pressoirs du vin encore contenu dans le marc après décuvage.

Marc de raisin

Ils comprennent les résidus qui restent après le pressurage des raisins.

Ils sont constitués par la rafle, les pépins et la peau du raisin.

On appelle rafle, raffle, raffe ou râpe l'ensemble du pédoncule et des pédicelles qui soutiennent les grains du raisin.

Les marcs épuisés peuvent être donnés aux animaux en cas de disette de fourrage. On en fait aussi des composts. Des pépins, on peut extraire une huile.

Vins de marc ou vins de sucre

Les marcs avant d'être pressés ou épuisés par diffusion peuvent servir à la fabrication des vins de marc et des piquettes.

Pour obtenir des vins de marcs ou vins de sucre, encore appelés vins de seconde cuvée, il suffit d'ajouter, immédiatement après le décuvage une quantité d'eau égale au vin soutiré, avec 1,750 kg de sucre cristallisé par hectolitre et par degré d'alcool à obtenir en plus des 1°,5 à 2° environ qui restent dans la masse. Pour aider la fermentation, on chauffe au préalable l'eau d'addition.

Piquettes

Les marcs non épuisés peuvent servir à la fabrication de piquettes obtenues par simple lavage ou addition d'eau, que l'on soutire à la partie inférieure de la cuve pour consommation en nature ou pour la distillation.

Ces piquettes sont souvent faites avec le marc pressé et méritent alors véritablement le nom qui leur a été donné, car il est rare que pendant les manipulations les grappes n'aient pas subi un commencement d'aigrissement (appelé pique).

Vinification en blanc

Le vin blanc peut être fabriqué :

1° Avec les raisins blancs;

2° Avec les raisins à peau plus ou moins colorée en rose, rouge ou noir, mais à jus incolore. Il s'obtient alors par la fermentation des moûts séparés le plus vite possible des marcs.

Vins de liqueur

Les vins de liqueur (muscat, malaga, frontignan, etc.) sont préparés avec des raisins très sucrés et partiellement desséchés avant la vinification.

Le moût est ainsi plus riche en sucre; il deviendra par conséquent plus riche en alcool. Mais le ferment alcoolique ne peut se développer quand la richesse en alcool dépasse 15 à 16 degrés. Ces vins sont à la fois sucrés et riches en alcool.

Vins de Champagne

Ce sont les vins du département français de la Marne, des arrondissements de Reims et d'Épernay.

Ce qui distingue nettement ces produits, c'est qu'ils sont mousseux, état obtenu par la mise en bouteille avant que la fermentation soit complètement terminée. Le gaz carbonique enfermé se dégage en débouchant les bouteilles et produit la mousse caractéristique.

La qualité des vins de Champagne est subordonnée nécessairement au choix des cépages, mais aussi aux procédés de fabrication. Ceux-ci sont le monopole des grandes maisons de Reims et d'Épernay, auxquelles les vigneron vendent leurs récoltes.

D. BIÈRE

Généralités

La bière est une liqueur qui provient de la fermentation des matières amylacées de céréales, plus particulièrement de l'orge, auxquelles on ajoute une certaine quantité de houblon. Elle se différencie des autres boissons alcooliques en ce qu'elle doit être consommée alors qu'elle est encore en fermentation.

Fabrication

La fabrication de la bière comprend la préparation du malt ou malte (c'est une germination interrompue); la préparation du moût ou brassage (qui a pour but d'épuiser par l'eau le malt broyé); la cuisson du moût pendant laquelle on ajoute le houblon; et la fermentation, qui transforme le sucre en alcool.

Composition de la bière

La teneur en alcool des bières varie de 2 à 3 degrés, pour la bière simple; de 4°,5 à 5° pour la bière à houblon; les bières anglaises atteignent 9 degrés alcoolométriques. La petite bière ou bière de ménage est faiblement alcoolisée.

L'extrait sec varie de 30 à 60 grammes par litre; il contient 1,5 à 5 grammes de matières azotées (substances protéiques et peptones), de la doxtrine, un peu de glycérine et d'acide succinique, des sels minéraux, notamment du phosphate de potassium et des substances huileuses et amères provenant du houblon.

La bière est une boisson nourrissante qui contient bon nombre d'éléments utiles à l'organisme.

Bières anglaises

Les bières anglaises sont très bien faites; fortement alcoolisées et aromatisées par le houblon; les bières pâles sont appelées ales, celles fortement colorées stouts.

Les bières belges

Jadis, il existait dans notre pays de nombreuses petites brasseries et un grand nombre de bières locales. Actuellement, la production est répartie entre un nombre restreint de grandes brasseries industrielles qui brassent les types courants : bières de ménage, bières spéciales, bières blondes (type Pilsen, Export, etc.), bières brunes (type Munich et autres).

Parmi les bières locales encore en faveur, particulièrement dans le Brabant, citons la gueuze et le lambic.

La fermentation du lambic est très longue et demande au minimum un an, parfois deux ou trois ans avant qu'on obtienne la finesse et le bouquet caractéristiques. Cette longue fermentation requiert de vastes locaux et de nombreuses futaies, donc une immobilisation de capitaux.

Le lambic mis en bouteille prend le nom de gueuze. C'est un mélange de lambic jeune et de lambic vieux. Après un été de bouteille, cette bière d'un goût très particulier, obtient - sauf accident - une moelleuse, une mousse et un bouquet appréciés des amateurs. À noter que cette bière est très assimilable, donc de digestion aisée, les sucres ayant été fermentés à 100 pour 100 (cette bière ne contient donc pas de sucre).

D. VINAIGRE

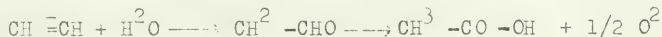
Acide acétique ou éthanoïque



L'acide acétique est de tous les acides le plus anciennement connu. Il résulte en effet de l'oxydation de l'alcool et le vinaigre (acetum en latin) lui doit ses propriétés acides.

On le rencontre sous forme d'esters dans certains végétaux. Enfin, il prend naissance dans la pyroxydation (distillation) du bois en vase clos.

Actuellement, on prépare surtout l'acide acétique pur à partir de l'acétylène. Celui-ci est hydraté en présence de sels de mercure et transformé en aldéhyde acétique; ce dernier est ensuite oxydé en acide par l'oxygène de l'air en présence d'acétate de manganèse :



L'acide acétique est un liquide incolore à odeur piquante. Industriellement, il constitue une matière première importante : fabrication d'esters acétiques, dont quelques-uns, comme l'acétate de cellulose, ont de gros débouchés (soie artificielle, résines synthétiques).

Vinaigre

La fermentation acétique des boissons alcooliques, et spécialement du vin, fournit le vinaigre (vin aigri).

L'alcool, sous l'influence d'un petit cryptogame, le *Mycoderma aceti*, est susceptible d'entrer en fermentation et de se transformer en acide acétique. Ce mycoderma vit au contact de l'oxygène de l'air qu'il absorbe et dont il provoque la fixation sur l'alcool :



La présence de substances azotées et phosphatées est nécessaire à son alimentation.

F. GÉOGRAPHIE ÉCONOMIQUE

Vins

Généralités

La culture de la vigne et la cueillette du raisin remontent aux plus lointaines époques de la préhistoire. Vers la fin des temps tertiaires, comme au cours des périodes interglaciaires de l'ère quaternaire, la vigne était spontanée en Europe centrale et méridionale; les habitations lacustres de l'âge du bronze contenaient en Suisse et en Italie septentrionale, des graines de vigne. Les glaciations quaternaires ont chassé la vigne de bien des endroits du continent européen; de nos jours, la vigne est spontanée surtout en Asie occidentale, où elle se présente comme une liane sauvage très vigoureuse, s'accrochant aux arbres les plus élevés et donnant beaucoup de fruits sans taille ni soins. Dans l'antiquité, les Aryens et les Sémites, les Phéniciens et les Égyptiens, les Grecs et les Romains, connaissaient l'usage du vin : certains documents sur la vinification remontent à quatre ou cinq mille ans (1).

La souche sauvage de nos vignes cultivées serait l'espèce appelée

(1) L. Guyot et P. Gibassier : Les noms des arbres, 1960, p. 43 et 44.

- Région méditerranéenne : elle constitue le groupe viticole le plus important de la France. C'est un vignoble de quantité. Les crus de marque sont exceptionnels (Châteauneuf-du-Pape, muscat de Frontignan, le Banyuls et le Grenache).

3. Italie

L'oenologie - qui date de l'antiquité - y a fait de très grands progrès depuis plus de 25 ans.

Citons : vins liquoreux apéritifs de Marsala (en Sicile), vins blancs secs d'Orvieto (au nord de Rome); vins rouges de marque de Chianti (en Toscane) ou des Castelli Romani (dans le Latium); vins blancs doux dits Lacryma Christi (en Campanie); vins mousseux de l'Asti Spumante (dans les collines du Montferrat).

- 4. L'Allemagne rhénane est la région la plus élevée, en latitude, de toutes celles où l'on cultive la vigne : Moselle, Rhin, région au sud du Taunus.

En ce qui concerne le Portugal, aux vignobles qui se succèdent aux bords du Douro à l'Alentejo, il faut ajouter ceux de l'île de Madère.

Il existe, en Grèce, certains vins rouges et blancs qui ne manquent pas de finesse. Mais seuls sont renommés les vins du type muscat, produits dans les îles et surtout à Samos.

Le vignoble hongrois s'étend sur les coteaux que traverse la Tisza supérieure; il s'étend aussi sur les sables de la Puszta. Le vin le plus apprécié c'est celui de Tokay.

Depuis l'époque romaine, la Bulgarie possède des vignes qui s'étendent autour de Varna et de Bourgas.

En Roumanie, citons les vins du Banat, de la Podgoria; ainsi que ceux de Moldavie et de Valachie.

En Russie, et en partant de Crimée, le vignoble a gagné la vallée du Don et la basse Volga. Citons aussi les régions viticoles de Géorgie, et de Circassie.

- 5. La viticulture luxembourgeoise⁽¹⁾ est aujourd'hui confinée dans la vallée de la Moselle et dans la partie inférieure de la vallée de la Sûre. Il n'en a pas toujours été ainsi. D'anciens documents rapportent l'existence de vignobles, jadis, dans de nombreux villages éloignés de la Moselle, éparpillés à travers le Judland entier et même dans les Ardennes. Parmi les vins de la Moselle luxembourgeoise, citons : Ulbling, Riesling d'Évyanor, Auxerrois, etc.

- 6. En Amérique du Sud :

Argentine : San-Juan, Mendoza

Brsil : Parara, Rio-Grande-do-Sul, Novo-Trento, Santa-Cruz, Sao-Paulo.

En Amérique du Nord:

Etats-Unis : la grande région vinicole est celle de Californie.

(1) Pour la Belgique, voir le chapitre XX.

7. Production mondiale (en hectolitres)

1957 : 171 000 000

Italie : 24,9 %

France : 18,2 %

Autres pays : 48,0 %.

Bières

Le fait saillant de l'évolution qui se dessine depuis le début du siècle est la disparition des brasseries locales devant la concurrence de la grande industrie brassicole.

Les bières ont une tendance à la standardisation, à la suppression des types régionaux. On améliore aussi la qualité de la bière et surtout ses possibilités de conservation ce qui lui permet de supporter plus aisément les voyages qu'autrefois. Ainsi, l'exportation des principaux pays producteurs s'accroît (Allemagne, Belgique, Pays-Bas, France, etc.)

Si les statistiques invoquées sont exactes, le Belge serait le plus fort buveur de bière du monde.

La malterie belge est l'une des plus développées. Sa capacité annuelle est de 250 millions de kilos de malt, dont une grande partie est exportée.

La bière, très appréciée par les Belges, a donné naissance à l'industrie alimentaire la plus considérable du pays. Sa production s'élève à plusieurs millions d'hectolitres par an. Nous brassons des bières à fermentation basse, à fermentation haute, pasteurisées et médicinales (à base de malt). Il y a des brasseries à Bruxelles, Malines, Louvain, Anvers, Ypres, Roulers, Mons.

La production brassicole dans la C.E.E.

D'après des statistiques et des études du Dr Paulson de Bonn, la République fédérale allemande était en 1959 le plus grand producteur de bière de la Communauté. Cette dernière a produit au total 86,25 millions d'hectolitres de bières : 51,65 millions d'hectolitres (60 %) furent produits en Allemagne fédérale, 18 millions d'hectolitres en France; la Belgique occupe la troisième place avec 10,6 millions d'hectolitres, les Pays-Bas suivent avec 3,4 millions et l'Italie avec 2 millions d'hectolitres.

Dans le Marché commun, on comptait en 1959 un total de 3 016 brasseries dont 2 239 en Allemagne. La plus forte concentration se trouve en Bavière où il y a 1 579 brasseries. La Belgique occupe la deuxième place avec 446 brasseries; la France en compte 237, les Pays-Bas 40 et l'Italie 29.

Les plus grands exportateurs sont les Pays-Bas et la République fédérale avec respectivement 872 000 hectolitres et 849 000 hectolitres. Leur part dans les exportations représente les deux tiers des exportations totales du Marché commun. La France, de son côté, a exporté 27 % du total des exportations. La Belgique, l'Italie et le Grand-Duché n'ont exporté en-

semble que 6 % des exportations totales du Marché commun.

Quant aux importations, la Belgique et le Luxembourg se trouvent en tête avec 350 000 hectolitres (45 %) d'un total de 775 000 hectolitres, important ainsi plus que le double de leurs exportations de la même année 1959. La France a importé 149 000 hectolitres et la République fédérale 131 000 hectolitres.

La consommation de bière par tête d'habitant a atteint son maximum en 1959 avec 49,1 litres. L'étude précise que la consommation a presque doublé pendant les dix dernières années. Par tête d'habitant, la Belgique est le plus grand consommateur avec 119,7 litres, suivie à une certaine distance par la République fédérale avec 92,1 litres. La consommation en France par tête d'habitant a presque doublé pendant les dix dernières années et atteint 38,9 litres. Les Pays-Bas ont consommé 23,3 litres par tête d'habitant et l'Italie 4,2 litres.

Vinaigre

Depuis longtemps déjà, la matière première du vinaigre industriel n'est plus exclusivement le vin. Le vinaigre de vin reste cependant un produit de qualité.

Ainsi, par exemple, la méthode dite d'Orléans est connue depuis le Moyen-âge et la communauté des maîtres vinaigriers d'Orléans date de 1580. Depuis, la réputation des vinaigres d'Orléans s'est imposée dans le monde entier grâce à la qualité des vins employés.

CHAPITRE XIX

MATIÈRES COLORANTES, TEINTURES ET IMPRESSIONS

A. COLORANTS

Généralités

Les matières colorantes les plus anciennement employées en teinture étaient d'origine végétale (garance, indigo, bois de teinture, etc.) ou minérales (bleus de Prusse, jaune de chrome, etc.). La plupart sont aujourd'hui d'origine synthétique et sont le plus souvent obtenues à partir de substances retirées du goudron de houille. Devant la concurrence des produits de synthèse, on vit disparaître des cultures abondantes et prospères comme celles de la garance et d'autres plantes tinctoriales. Un petit nombre seulement de matières colorantes naturelles sont encore utilisées aujourd'hui.

Matières colorantes naturelles

Garance

La garance (*Rubia tinctorum*) est une plante originaire de l'Asie et du Midi de l'Europe. On la cultivait autrefois dans le Midi de la France, en Alsace et en Hollande.

Indigo

La culture de l'*Indigofera tinctoria* fut très florissante à Java et en Océanie jusqu'à l'apparition sur le marché, vers 1898, de l'indigo synthétique.

Orseille

L'orseille se forme dans la fermentation de divers lichens appartenant au genre *Rocella*.

Quercitron

Il s'extraît de l'écorce d'un chêne jaune qui se rencontre en Amérique du Nord.

Bois jaunes

Les bois jaunes proviennent des Indes orientales, de l'Amérique du Sud, et de certaines parties de l'Amérique du Nord. Le meilleur est le bois de Cuba.

Bois rouges

Ils proviennent des Indes, des Antilles et de l'Amérique du Sud. Les plus estimés sont le bois de Lima et le bois du Brésil.

Campêche

Le bois de Campêche, ou bois d'Inde vient de la Jamaïque, de Saint-Domingue, d'Haïti, du Honduras et de la Martinique.

Curcuma

Il se cultive en Chine, en Cochinchine, et dans l'ouest indien. Sa racine contient 3 à 4 % d'un colorant jaune, la curcumine.

Graines de Perse

Ce sont des baies qui proviennent de *Rhamnus alaternus* (Smyrne, Alep).

Cochenille

Insecte qui vit sur le *Cactus opuntia* avec lequel on traite une matière colorante rouge.

Matières colorantes synthétiques

Leur découverte fut, à l'origine, le résultat du hasard. La fabrication de ces substances peut se faire aujourd'hui de façon raisonnée, en se basant sur les relations qui ont été reconnues entre les propriétés colorantes et les constitutions chimiques de ces corps.

Witt, en 1876, imagina la théorie suivante : les hydrocarbures saturés incolores, deviendraient colorés, par l'introduction dans leurs molécules de certains groupes d'atomes dits chromophores. Mais la coloration obtenue ne peut être transmise aux fibres par voie de teinture, on n'a encore qu'une matière colorée, un chromogène. Celui-ci deviendra colorant par l'introduction, dans sa molécule, d'un ou plusieurs radicaux acides ou basiques lui communiquent la propriété d'être solifiés; ces groupements sont appelés auxochromes par Witt.

Les matières colorantes de synthèse ont été nommées d'après des considérations très diverses, la nuance, le nom de l'inventeur, le mode d'emploi ou teinture, une résistance particulière à la lumière ou au lavage, une solubilité dans un solvant organique, etc. Les noms chimiques exacts sont compliqués et dévoileraient la composition des colorants que le fabricant désire garder secrets, en général.

D'autre part, les matières colorantes livrées au commerce sont généralement des composés chimiques purs. Ces substances se présentent suivant le cas, sous la forme de poudre, de pâtes ou de solutions.

Principaux groupes de colorants synthétiques

1. Dérivés nitrés : acide picrique, mélinite ou trinitrophénol, dinitro.
2. Azoïques : chlorure de diazobenzène, hélianthène, méthylorange, brun Bismark, rouge Congo.
3. Di- et triphénylméthane : auramine, fuchsine, vert malachite.
4. Xanthéniques : fluorescéine, éosine.
5. Anthracéniques : alizarine (garance), indanthrène.
6. Groupe de l'indigo : indigo (indigotine, héliindigo, pourpre).
7. Colorants au soufre : noir Vidal, noir immédiat.
8. Noir d'aniline.

B. TEINTURE

Définition

Opération ayant pour but de fixer des matières colorantes sur les fibres textiles.

Unisson et perçage

On dit qu'une teinture possède un bon unisson lorsque les surfaces les unes à côté des autres ne présentent pas de différence d'intensité ou de nuance perceptibles à l'œil nu. S'il n'y a pas non plus de différence pour les surfaces disposées les unes au-dessus des autres, on dit que le perçage est bon.

Mouillage des fibres

Un débrouillissage préalable avec l'eau pure assure un bon mouillage uniforme des fibres. Le savon, l'ammoniac, les sulfocinates, facilitent le mouillage. Celui-ci peut être accéléré grâce à des substances particulières dites agents mouillants.

Classification des matières colorantes du point de vue tinctorial

La teinture des fibres utilise encore quelques colorants minéraux (jaune de chrome, bleu de Prusse, rouille, vert de chrome, bistre de manganèse), mais, dans l'immense majorité des cas, elle se fait aujourd'hui au moyen de colorants organiques qui peuvent être classés, selon leur mode

d'application et selon leur caractère chimique, de la manière suivante:

- 1° Colorants directs ou substantifs qui teignent directement le coton en bain alcalin (colorants ou soufre).
- 2° Colorants à mordants ou colorants indirects qui ne se fixent que si l'on fait intervenir une substance auxiliaire, susceptible d'être fixée par la fibre, appelée mordant. L'insolubilité des laques formées sur la fibre à teindre assure à ces teintures une solidité plus grande que celle des teintures directes.
- 3° Colorants acides, applicables directement sur laine en bain acide.
- 4° Colorants basiques: teinture du coton sur mordant acide.
- 5° Colorants pour cuve: produits insolubles dans l'eau, solubles en milieu alcalin.
- 6° Colorants insolubles formés sur la fibre, comme le noir d'aniline et certains colorants azoïques.

C. IMPRESSION

L'impression est une teinture locale qui a pour but de produire des dessins coloriés sur les tissus. Les procédés utilisés peuvent se ramener à l'un des types suivants:

- 1° L'impression directe, par laquelle on imprime directement sur les parties à colorer, une pâte du colorant, convenablement épaisse pour éviter les bavures.
- 2° L'impression genre réserve: on imprime des matières dites réserves qui empêchent la fixation ultérieure de la matière colorante aux endroits où elles ont été appliquées.
- 3° L'impression genre rongéant ou enlevage, qui consiste à imprimer sur un tissu déjà teint des matières dites rongeantes susceptibles de détruire la couleur là où on les applique.

D. COLORANTS POUR DENRÉES ALIMENTAIRES

L'arrêté royal du 27 octobre 1959 (Moniteur Belge du 3 déc. 1959) énumère les colorants dont l'emploi est permis "dans ou sur les denrées ou substances destinées à l'alimentation humaine".

Citons: craie (carbonate de calcium pur); blanc de titane (bioxyde de titane pur), coques rouge et jaune, terre de Sienne, aluminium, argent, or, en feuilles ou en poudre; noir animal; cochenille (colorant brut obtenu des femelles de l'hémiptère *Dactylopius coccus*); alkanna, orcanette (racine de l'*Alkanna tinctoria* et le colorant rouge qui en dérive); orseille, tournesol (colorant rouge extrait des lichens *Rocella* et *Lecanora*); anatto, orléan, rocou (colorant jaune-orange extrait de l'enveloppe des graines du *Bixa*

orellana), carotènes (concentrés jaunes constitués exclusivement de carotènes ou carotènes à pur extrait d'organes végétaux) curcuma (rhizome - c'est-à-dire tige souterraine - du *Curcuma longa*); safran (styles et stigmates du *Crocus sativus*); graines de Perse (produits jaunes et verts extraits des baies de *Rhamnus cathartica*), chlorophylle; caramel (produits bruns obtenus par chauffage des sucres).

A ces produits naturels, il faut ajouter quelques produits chimiques: azorubine ou carmoisine; érythrosine; indigotine; etc...

GÉNÉRALITÉS GÉNÉRALES

La fabrication des colorants industriels (les seuls qui aient une réelle importance à notre époque) doit nécessairement s'appuyer sur une production intense de goudrons de houille et aussi de coke, qui donne la distillation de la houille. Ceci explique le fait que - avant la première guerre mondiale - l'Allemagne ait détenu un véritable monopole de ces fabrications.

Au début de la guerre de 1914-18, la France a dû créer presque complètement son industrie de matières colorantes. Il existait bien d'importantes fabriques mais la plupart étaient tributaires de l'Allemagne pour les matières premières ou les produits intermédiaires.

La Grande-Bretagne fut aussi obligée de suffire à elle-même, et ce même les Etats-Unis. Le Japon lui-même s'est équipé pour fournir les marchés d'Extrême-Orient. Seuls les pays développés possédant une industrie chimique diversifiée peuvent entreprendre avec succès la fabrication de la grande étendue des colorants et teintures.

Divers colorants organiques utilisés pour donner un aspect favorable à certaines denrées alimentaires doivent être importés de pays exotiques.

Chapitre XX

FRUITS ET LEGUMES

PRINCIPAUX ARBRES FRUITIERS DE NOS REGIONES

Poirier

Les variétés cultivées sont nombreuses et difficiles à sérier.

Pommier

Les pommiers ne prospèrent bien que sous des climats comportant une humidité atmosphérique soutenue, une température modérée en été.

Cerisier

Toutes les races sont très rustiques, mais chacune d'elles a un climat de prédilection.

Groseiller

C'est un arbuste parfaitement rustique qui est abondamment représenté dans les jardins de culture familiale.

PRINCIPAUX LEGUMES ET LEURS PARTICULARITES

A i l

On plante isolément les petites bulbes provenant de la dissociation des têtes d'ail.

Asperges

Une griffe par mètre carré. Récolte: 40 à 60 kg par are. Elle prospère dans un sol sableux. La culture forcée peut se pratiquer par chauffage soit au fumier de cheval, soit au thermosiphon.

Carottes

Récolte: 150 à 300 kg par are.

Cerfeuil

Récolte: 1 à 4 kg par are.

Chicorée frisée et scarole

900 à 1.200 pieds par are, produisant 300 à 500 kg.

Choux, navets et rutabagas

Certaines variétés se mangent en soupe, comme les navets. Grande richesse en vitamines C (comme toutes les sortes de choux).

Choux de Bruxelles

Récolte: 150 à 250 kg à l'are.

Choux pommés

Récolte: 300 à 700 kg de pommes par are.

Choux fleurs

Récolte: 100 à 200 kg par are.

Epinards

Récolte: 150 à 300 kg de feuilles par are.

Fèves

Récolte: quantité variable de 30 à 100 kg par are selon la maturité à la cueillette.

Fraisiers

Cette plante est vivace et reste deux à trois ans sur le même emplacement préalablement bêché et bien fumé. Récolte: 100 à 200 kg de fruits par are.

Haricots

Récolte: 20 à 50 kg en filets verts ou 30 à 70 kg en mange-tout, ou 20 à 25 kg en grains par are.

Laitues et romaines

Récolte: environ 200 à 300 kg de salade par are.

Navets

Récolte: 200 à 300 kg par are.

Oignons

Récolte: environ 200 kg par are.

Persil

On sème en ligne ou en bordure environ 0,2 gramme par mètre de bordure pour obtenir 1 kg de feuilles durant l'année.

Poireaux

Environ 3.000 pieds par are, produisant 300 à 500 kg.

Pois

Récolte: 20 à 40 kg par are en mange-tout, 20 à 30 kg en grains frais, 10 à 20 kg en graines ou pois cassés.

Pommes de terre

Il existe de nombreuses variétés.

La pomme de terre a été découverte par les Espagnols au milieu du XVI^e siècle (1537) en Amérique du Sud, dans les régions connues aujourd'hui sous les noms de Bolivie, Equateur, Pérou et Colombie, où les peuples indigènes la cultivaient, au moins depuis le II^e siècle.

On croit que ce légume a été introduit à deux reprises en Europe, Espagne, autour de 1570 et en Angleterre, un peu avant 1596, car la première description est de Gaspard Bauhin (1596) qui donne à la plante le nom de *Solanum tuberosum*, et ajouta plus tard le nom d'*esculentum*. La pomme de terre a été acceptée comme légume, en premier lieu par l'Irlande et l'Italie, où on en récoltait déjà beaucoup au début du XVII^e siècle; le reste de l'Europe a boudé jusqu'au milieu du XVIII^e siècle, et elle eut pour apôtre Parmentier (1737-1813).

Des recherches récentes ont montré que les pommes de terre sauvages habitent une région qui va des Etats méridionaux des Etats-Unis au Chili et à l'Argentine septentrionale, avec une aire au Chili méridional.

Les cultures des habitants de l'Amérique du Sud comportent des races nombreuses d'espèces spontanées, races beaucoup plus nombreuses et diverses par la taille, la forme, les qualités, que celles connues en Europe.

La pomme de terre contient 15 % d'amidon et de la solanine, glucocalcoïde toxique, qui est détruit par la cuisson, abondant surtout dans l'enveloppe et dans les tubercules verdissés (1).

Tomates

Récolte: 300 à 500 kg de fruits par are.

La vigne en Belgique: le raisin de table

Déjà au Xe siècle, il y avait des vignobles en Belgique: il est attesté qu'on produisait du vin à Gand dès 939 et à Tournai dès 965.

(1) CHADEFAUD et EMELGER: Traité de botanique systématique (Paris, Masson, 1950) t. II p. 784, 788, 789.

Il existe encore aujourd'hui dans plusieurs villages flamands des lieux dits "den wijngaard" (le vignoble). Jusq'au 1914, les moines de Tongerlo préparèrent eux-mêmes leur vin de messe. A Schaerbeek, la Vallée Josaphat donnait un vin (vin des Miracles) qui avait la réputation de provoquer des guérisons miraculeuses.

Au XIII^e siècle, les rives de la Meuse ne formaient qu'un vignoble de Huy à Maestricht.

Dès le XIV^e siècle, Bruxelles se vantait de la qualité de ses crus. Aux termes d'une ordonnance de 1381, toute personne convaincue d'avoir falsifié le vin serait brûlée vive sur le tonneau renfermant le vin frelaté.

Les ducs de Bourgogne appréciaient le vin de Louvain.

En vertu du traité des Pyrénées, conclu, en 1659, entre la France et l'Espagne, les vignobles des provinces belgiques devaient être anéantis.

Les tentatives faites à la fin du XIX^e siècle pour reconstituer notre vignoble ont échoué.

Actuellement la vigne est encore cultivée par des amateurs dans quelques coins bien ensoleillés: Mont de l'Enclus, Sart-Dames-Avelines, Jambos, Jambes, Néplon, Ransart, etc.

Citons plus particulièrement Torgny (près de Virton), le village le plus méridional de notre pays, possède encore un vignoble d'un demi hectare. En 1959 il a produit une tonne de raisins qui ont été convertis en mille bouteilles de vin.

Depuis la fin du siècle dernier, la culture de la vigne sous verre produit le raisin de table, spécialité de notre pays.

La production est concentrée dans la région de Hoeylaert où la première serre fut établie en 1865 par Félix Sohie (1841-1929).

La plus ancienne et la meilleure variété de forcerie - le Frankenthal - a perdu de sa vogue. Elle a été supplantée par la variété "Royal-Terheyden" dont le nom rappelle le hameau où elle a été obtenue. A côté du "Royal", signalons le "gros Colman", variété tardive dont la production s'échelonne d'octobre à avril. Citons aussi le Muscat (d'Alexandrie). Le raisin de serre est utilisé également pour la production de vin (coopératives ISCAR, SERCO)

AGRUMES

Agrumes (de l'italien agrume) est un nom collectif qui désigne les oranges, citrons, mandarines, pamplemousses et autres rutacées cultivées.

La production mondiale d'agrumes atteint 14 millions de tonnes. Les Etats-Unis viennent en tête, grâce à leurs plantations de Californie (46 % de la production mondiale). Ils sont suivis par l'Espagne (9%), le Brésil (qui a considérablement accru sa production au cours des dix dernières années), l'Italie, l'Afrique du Nord, les Etats du Levant et du Moyen-Orient, notamment Israël (qui est devenu un gros exportateur), oranges de Jaffa, le

Japon, l'Insulindo et l'Union sud-africaine.

En dehors des usages industriels (diverses essences), les fruits des agrumes ou hespéridées sont consommés directement comme fruits de dessert, comme aromates ou en conserves (compotes sucrées). Il est impossible, étant donné l'immense quantité de races actuellement produites, d'en donner une classification scientifique, d'autant plus qu'il s'en crée chaque année de nouvelles.

Résumons en quelques lignes la situation de chaque type.

Oranges

Le Citrus Aurantium Risso est le producteur de toutes les races d'oranges douces et des essences dites "Portugal", comme aussi de l'essence de néroli. Le suc de l'oranger vrai, à fruits doux, est riche en essences; en citrates, acides de sodium et de potassium; en vitamines C. Avec le zeste frais on prépare l'alcoolature d'orange, utilisée comme aromatique.

Pour l'exportation, où la conservation joue un rôle primordial, on doit obtenir le meilleur ensemble de qualités recherchées, c'est-à-dire une écorce d'épaisseur moyenne, pour assurer la conservation, et la disparition de pépins (type asperme).

Le type des oranges, dites "sanguines" réalise à peu près tous les desiderata de l'industrie des fruits alimentaires. Citons aussi les oranges dites "oranges-Navol" et "oranges maltaises", dont les "sanguines" sont dérivées.

Orange - mandarine ou clémentine

Cet hybride jouit de l'estime des planteurs à cause de sa précocité qui en permet la vente de primeur sur le marché: les clémentines sont aspermes, c'est-à-dire pauvres en graines ou pépins (de 0 à 4), un peu plus grosses que la mandarine, non aplatis, sans dépression centrale.

Mandarines

D'usage courant, originaires du Japon et de Chine, il en existe un grand nombre de races ou variétés sélectionnées localement et dont on s'efforce d'augmenter le volume et la productivité, et de faire disparaître les pépins.

Citrons (Citrus Limonum Risso)

En dehors de leurs usages industriels (essence, suc, citrate de chaux, pectine) les citrons sont consommés dans l'alimentation courante. Le type le plus couramment cultivé, à fruits assez grossiers d'apparence, est dit des "quatre saisons". On l'améliore constamment et les variétés qui tendent à le suppléer sont dites: citrons de Gênes, de Sicile, de Lisbonne, curéka, etc...

Le citron (ou limon) dont le jus renferme de l'acide citrique, de la

vitamine C, sert à préparer l'alcoolat de mélisse et l'alcoolature (1) de citron.

Notons, en passant, que tous les végétaux ou leurs fruits crus contiennent de la vitamine C (ou acide ascorbique) que l'on obtient aussi par synthèse. Son absorption évite l'avitaminose C. Celle-ci engendre le scorbut, en outre l'hémorragies multiples (muqueuses, sous-cutanées, musculaires, articulaires périostées) avec gingivite (ou inflammation des gencives).

Pamplemousse

Au sens propre le pamplemousse est le fruit (non comestible pour les Européens) du *Citrus maxima* Merrill (ou *C. decumans* Linné) (?), très répandu en Malaisie et en Indochine, à fruits très gros. La dénomination Pomela devrait être réservée aux variétés améliorées du pamplemousse.

Mais dans le commerce on appelle couramment pamplemousse le grapefruit des Anglo-Saxons: c'est le fruit du *Citrus Paradisi* (ou orange de paradis) qui semble être un hybride à "orange pamplemousse-sauvage". Les pamplemousses (dont l'usage se répand de plus en plus dans notre pays) sont des fruits (souvent sans pépins), très juteux, un peu acides et encore faiblement amers. Ils ont sans doute pris naissance à Cuba, d'où ils furent introduits en Floride. Dès 1880, les planteurs entreprenant une campagne en faveur du grapefruit. Les Etats-Unis restent de loin les plus gros producteurs et consommateurs.

Banane

La banane, fruit de différentes espèces du genre *Musa* (famille des Musacées, ordre des Scitamineés), jadis consommée dans les pays tropicaux, seulement par les indigènes, s'est aujourd'hui répandue dans tous les pays où ce fruit constitue l'un des adjuvants les plus appréciés de l'alimentation humaine.

Le bananier est une plante herbacée, de taille variable suivant les climats (2-5 mètres). D'une souche vivace, ou rhizome, naissent de très grandes feuilles constituées par une longue gaine terminée par un limbe étalé, d'une largeur considérable. L'ensemble de l'inflorescence porte le nom de régime; chaque rangée de fruits est appelée main.

Lorsque le régime est arrivé à maturité, le stipe (ou tige) qui le porte dépérit.

(1) L'alcoolat (n. masc.) est un médicament liquide obtenu par distillation de l'alcool pur ou additionné d'eau sur des substances aromatiques (plantes fraîches ou desséchées). Quant à l'alcoolature (n. fém.) c'est également un médicament liquide, mais obtenu par macération dans l'alcool de plantes sèches. Les alcoolatures stabilisées sont préparées par infusion dans l'alcool bouillant de plantes convenablement divisées.

(2) Les premiers Latins au XVI^e siècle par le "capite" SHADDOCK, le pamplemoussier (appelé en anglais Shaddock) y donne des fruits très gros, non mangeables, connus à la Martinique sous le nom de "tête d'enfant" ou "tête d'effendu".

Les bananes mûries sur pied sont de couleur jaune d'or, orange foncé ou rouge violacé.

Les régimes sont toujours récoltés avant maturité, (au stade appelé trois quarts plein), soit: de quatre à huit jours à l'avance pour la consommation sur place et jusqu'à trois semaines avant maturité pour l'exportation.

Le commerce d'exportation de la banane est considérable; plus de 60 % proviennent d'Amérique centrale (Jamaïque, Honduras, Costa Rica) et 10 % environ d'Afrique.

Aux Indes, la culture du bananier remonte à la plus haute antiquité. Cette plante était déjà connue au Congo avant le XVIIe siècle. Les Espagnols transportèrent le bananier à Saint-Dominique en 1516; les Portugais le propagèrent au Brésil.

On appelle bananier le navire spécialement conçu pour le transport des bananes.

Quant à la plantation de bananiers, c'est la bananeraie.

La banane mûrie est plus digestible que la banane encore un peu verte. En effet l'amidon s'est complètement transformé en sucre, facilement assimilable pour l'estomac.

L'analyse des cendres de la banane montre la présence de sels de fer. Ce fruit ne contient pas de vitamine D mais les vitamines A, B, C et E.

Un autre avantage alimentaire de la banane, c'est d'être pauvre en cellulose (elle peut fatiguer l'intestin).

1. Production mondiale: 1956 : 12 700
1957 : 13 000

2. Production et exportations des principaux producteurs (1)

P a y s	Production		Exportations	
	1956	1957	1956	1957
Brésil	4 481	4.688	188	219
Inde	1 713	-	-	1
Venezuela	700	-	3	3
Equateur	579	669	579	678
Panama	390	460	248	291
Costa Rica	342	-	232	310
Rép. Domin.	326	343	41	52
Jamaïque	279	288	164	173
Congo	45	49		
Total mondial			3.085	3.403

(1) En milliers de tonnes.

3. Commerce mondial: principaux importateurs

P a y s	1956	1957
U.S.A.	1 425	1 481
Grande-Bretagne	320	319
République Fédérale	-	-
Allemagne	296	342
France	266	309
Canada	139	144
Argentine	113	175
Belgique	53	57

Commercialisation des légumes

Les légumes récoltés peuvent être livrés à la vente ou conservés en vue d'une vente future. De toute façon les légumes doivent être préparés pour la vente, car ils sont rarement livrables tels qu'ils sortent des champs.

L'étiolage a pour but de faire blanchir certains légumes.

Les légumes-racines et quelques légumes-feuilles ont besoin d'être lavés avant d'être mis en vente.

Une bonne présentation des légumes est indispensable à la vente. Chaque légume a ses modes d'emballage particuliers qui varient avec la saison ou avec leur destination (en vrac, en sacs, en cageots, en billots, en paniers, etc...)

DEUXIEME PARTIE

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

OOOOOO

o

I - LE TRANSPORT DANS L'USINE ET
LA MANUTENTION DES MATIERES

TRANSPORT DE FORCE

Le transport de l'énergie s'effectue de trois façons principales: par voie mécanique, par l'électricité et par l'air comprimé.

1. Transmission mécanique

La transmission du mouvement produit par la machine centrale se fait au moyen de lignes d'arbres, de roues d'engrenages, de poulies, de courroies ou de câbles.

Une grande vitesse de l'arbre présente l'avantage de diminuer la dimension et par suite le prix des poulies, courroies, etc.

Les arbres sont montés sur paliers. Les meilleurs sont les paliers à roulement à billes, et, pour les fortes charges, les roulements à rotules sur rouleaux.

2. Transmission électrique

L'emploi du moteur électrique permet le morcellement des forces à volonté, il coûte relativement peu et fournit un excellent rendement.

Les lignes de transport - les canalisations - peuvent être aériennes ou souterraines. Les lignes aériennes sont les moins coûteuses.

Les conducteurs de ces lignes sont en cuivre ou en aluminium: le choix entre ces deux métaux dépend principalement de leurs prix relatifs.

3. Transmission par l'air comprimé

Pour le fonctionnement de divers outils (marteaux, niveuses, vibrateurs, pulvérisateurs, etc.) le transport d'énergie se fait par l'intermédiaire de l'air comprimé.

Le transport de force par l'air comprimé est particulièrement précieux dans les usines de houille grisouteuses.

TRANSPORT DE LA CHALEUR

Il peut se faire.

- par la vapeur, pour les températures peu élevées;
- par les gaz combustibles, pour les températures élevées;
- par l'eau chaude (exemple: chauffage central).

Emploi de la vapeur

La vapeur est envoyée, depuis la chaudière à vapeur centrale jusqu'au lieu d'utilisation, par des canalisations qui doivent pouvoir supporter la pression et la dilatation ou la contraction résultant des variations de la température.

TRANSPORT DES FLUIDES

Les fluides peuvent être transportés à l'aide de canalisations.

Dans quelques cas, il peut être fait appel à la propulsion naturelle. Citons, par exemple, le cas des gaz (et des liquides) chauffés dans le bes d'une canalisation et qui, ainsi, s'y élèvent: calorifère à air chaud, chauffage central à l'eau, radiateur d'automobile à circulation par thermosiphon.

De même, les liquides s'écoulent naturellement par gravité: dans les marais salants, l'eau de mer descend d'étage on étage au cours de sa concentration progressive.

Dans la grande majorité des cas, la circulation des fluides est assurée par la propulsion provoquée. Celle-ci est réalisée grâce à diverses machines de propulsion. Parmi celles-ci, nous citerons les pompes centrifuges à palettes. (Elles sont réversibles: si un fluide en mouvement vient frapper les palettes, celles-ci tournent et la machine devient une turbine.)

Le pompe à engrenages n'est utilisable que pour les liquides.

TRANSPORT DES SOLIDES PAR UN FLUIDE EN MOUVEMENT

Le principe consiste à réduire en poudre ou en grain la matière à transporter et à la mélanger à un fluide propulseur en mouvement.

Emploi de l'air

Exemples: - alimentation en combustible pulvérulent (poussières de houille) des foyers des centrales (électriques) thermiques;

- transport du ciment en usine.

Par ces exemples précédents, le fluide propulseur est comprimé.

Les élévateurs à grains (ou à charbons en fins morceaux) permettent le déchargement des navires, des allèges, des wagons et des camions en aspirant leur contenu.

De même, les dragues suceuses aspirent la vase qui encombre les passages des ponts et des fleuves.

Emploi de l'eau

Le transporteur hydraulique est un caniveau - ou une simple rigole - à fond légèrement incliné, où coule de l'eau animée d'une vitesse plus ou moins grande.

On pourrait également citer le flottage du bois: les troncs d'arbres, isolés ou en trains, suivent simplement le fil de l'eau d'une rivière (ou d'un canal).

TRANSPORT DES FLUIDES DANS LES RECIPIENTS

Divers gaz sous pression (150 kg - cm²) - oxygène, hydrogène, acétylène dissout dans l'acétone - sont livrés aux utilisateurs (soudeurs) dans des bouteilles d'acier ou bombones.

Le gaz butane (utilisé pour alimenter certains réchauds domestiques) est transformé en liquide, par compression, dans la bouteille. Les liquides sont transportés en fûts (de bois ou de métal), en tonneaux, en bouteilles et récipients de verre (dame-jeanne pour les acides), en réservoirs (bois ou métal), en camions-citernes, en wagons-citernes, en navires pétroliers.

TRANSPORT DES SOLIDES

Ils se font dans l'air, à la surface du sol ou en sous-sol (usines).

a) Transports souterrains et en surface

On utilise:

- Les wagonnets Decauville, à voie étroite (voie de 60 cm) dont les rails sont aisément déplaçables;
- Les transporteurs à raquettes: courroie munie de raquettes, une par un tambour moteur;
- Les transporteurs à secousses: ce sont des tabliers métalliques horizontaux, animés d'un mouvement saccadé de va-et-vient;
- Transporteurs à courroie: courroie sans fin mise en mouvement par deux tambours;
- Vis d'Archimède: ruban métallique enroulé en spirale (spirale hélicoïde) et placé dans un cylindre.

b) Transports aériens

Pour les trajets presque horizontaux, ou peu inclinés, on peut utiliser les transporteurs repris sous a).

Si les trajets sont verticaux ou obliques, on a recours à divers

transporteurs, tels que:

- les élévateurs;

- Elevateur à godets: constitué par des récipients accrochés à une chaîne sans fin;
- Pompe à chapelet: pour élever l'eau des puits;
- Transporteur à godets: il comporte une série de demi-cylindre fixes ou mobiles sur leur axe, lequel est rivé sur une chaîne sans fin articulée;
- Pont roulant: il permet (principalement dans les ateliers de construction mécanique) des déplacements suivant deux directions rectangulaires;
- Grue mobile ou grue fixe.

REDUCTION DES MANUTENTIONS

Les manutentions sont coûteuses (force motrice, main-d'oeuvre, amortissement du capital investi, perte de temps) aussi s'efforce-t-on de les réduire.

Voici quelques-uns des moyens mis en oeuvre:

- Containers ou cadres: grandes caisses (bois ou métal) pouvant passer de la voie d'eau à la voie de fer, ou aux véhicules sur routes, à l'aide d'appareils appropriés;
- Wagons plate-formes avec quais appropriés;
- Wagons pouvant emprunter indifféremment le rail et la route;
- Éléments en surface (plutôt qu'étagés): les transformations de la matière se sont réalisées dans des appareils disposés dans l'ordre de succession des opérations. Donc, on évite les retours en arrière et les opérations de levage des charges;
- Bâtiments étagés s'il s'agit de matières légères et si les trajets sont longs;
- La solution optimum est constituée par le travail à la chaîne: certains travaux s'y prêtent aisément (montage des moteurs, des autos, etc.). Dans ce système, les pièces à monter ou à assembler se présentent sur un transporteur (courroie sans fin, table à secousse, poulie suspendue à un rail aérien). Chaque ouvrier occupe une place fixe, où est apporté l'approvisionnement utile. Ainsi, l'exécutant ne fait qu'une opération élémentaire (ou un petit nombre d'entre elles): placement d'une cheville, serrage d'un écrou, d'une vis, etc. Grâce à l'emploi généralisé d'appareils électroniques, les différentes phases d'une fabrication ou d'un montage peuvent être accomplies par un nombre fort réduit d'ouvriers de surveillance (automatisation).

II - TECHNOLOGIE DE L'ENERGIE

INTRODUCTION

L'énergie se présente à nous sous des formes multiples: mouvement, chaleur, lumière, électricité, phénomène chimique, irradiation.

Ce que l'homme utilise finalement, c'est l'énergie mécanique qui se traduit par le mouvement (linéaire ou circulaire). Autant dire que les critères de classification sont nombreux.

Ainsi, la machine à vapeur fournit de l'énergie mécanique, mais elle utilise l'énergie thermique. De même, la pile atomique désintègre la matière, mais elle fournit de la chaleur qu'on transforme en électricité, à l'intervention d'une chaudière, d'une turbine et d'un alternateur.

A. ENERGIE MECANIQUE

a) Moteurs animés

Homme

Un homme portant, dans une hotte, un fardeau de 20 kg, peut effectuer un parcours quotidien de 20.000 m, coupé par des repos.

Un homme, tirant un bateau sur un canal, exerce un effort de 25 kg à la vitesse de 0,25 m par seconde (soit 0,9 cheval-vapeur) pendant 8 heures.

Un homme, au levier d'une pompe, exerce une pression de 5 kg à la vitesse de 1 m par seconde (soit 0,6 cheval-vapeur) pendant 8 heures. Au levier d'un presseur, il faut exercer un effort momentané beaucoup plus grand.

Un homme, agissant sur une manivelle de 0,35 m de rayon, exerce un effort de 7 kg à la vitesse de 30 tours par minute (soit 0,10 chev.-vapeur) pendant 8 heures.

Cheval

Le cheval, tirant une charge sur un terrain horizontal, exerce un effort de 60 kg, à la vitesse de 1 m par seconde (soit 0,8 chev.-vapeur) pendant 8 heures.

Quand on attelle ensemble plusieurs chevaux, la traction totale diminue de 6 % par chaque cheval supplémentaire.

Un cheval de 500 kg, attelé à un manège de 4 m de rayon, exerce un effort de 55 kg à la vitesse de 0,92 m par seconde (soit 0,70 chev.-vap.) pendant 8 heures. D'autre part, le mécanisme du manège ne rend que 70 à 80 % de l'effort qu'il reçoit, il ne transmet donc que 0,49 à 0,56 chev.-vapeur.

Mulet

Le travail du mulet peut être considéré comme égal à celui d'un cheval de même poids.

Âne

Un âne de 160 kg exerce un effort de 50 kg à la vitesse de 0,33 m à la seconde (soit 0,25 chev.-vapeur) pendant 8 heures.

Bœuf

Le bœuf tirant une charge sur un terrain horizontal, exerce un effort de 90 kg à la vitesse de 0,83 m par seconde (soit 0,80 chev.-vapeur) pendant 8 heures. Le bœuf attelé à un manège de 4 m de rayon exerce un effort de 65 kg à la vitesse de 0,66 m à la seconde (soit 0,57 chev.-vap.) pendant 8 heures et le manège ne transmet que 0,40 à 0,46 chev.-vap.

Vache

A poids égal, le travail de la vache équivaut à peu près à celui du bœuf. Toutefois, pendant la gestation et la lactation, le travail est beaucoup moindre.

Manège

On appelle manège, un appareil qui permet d'utiliser la force musculaire des animaux pour le fonctionnement des machines agricoles fixes: batteuses, hache-paille, coupe-racines, etc.

On distingue deux classes de manèges:

- 1° les manèges à piste circulaire;
- 2° les manèges à plan incliné.

Le rendement d'un manège varie de 70 à 80 %, mais, par suite de l'obliquité du tirage des animaux, il ne transmet que 50 ou 60 % du travail mécanique qu'ils fournissent.

b) Chaudières à vapeur

Les chaudières à vapeur, dites aussi générateurs de vapeur, jouent un rôle considérable dans l'industrie; elles fournissent la vapeur nécessaire au fonctionnement des moteurs à vapeur.

Autrefois, on divisait les chaudières en chaudières à basse pression (jusqu'à 1 atmosphère et demie); à moyenne pression (de 1 atmosphère et demie jusqu'à 3 atmosphères), à haute pression (4 et au-dessus).

On peut les diviser, suivant leur mode de chauffage, en: chaudières à chauffage extérieur, à chauffage intérieur, à chauffage mixte.

Les chaudières à bouilleurs se rattachent à la première classe; les chaudières tubulaires à la seconde; enfin, celles employées par les machines fixes font souvent partie de la troisième.

Les premières chaudières étaient, en général, de forme cylindrique, l'une des plus employées a été la chaudière à bouilleurs. Elle comprenait un corps de chaudière et un ou plusieurs bouilleurs reliés au corps principal par des cuissards. Le foyer était établi sous la partie avant des bouilleurs, à l'extérieur de l'ensemble.

Cette chaudière, et de nombreux types analogues, était lourde et encombrante; les pertes de chaleur étaient grandes.

Un premier perfectionnement fut apporté à ce type de chaudière lorsqu'on plaça le foyer à l'intérieur du corps de chaudière, en le constituant par un cylindre en tôle entièrement baigné par l'eau sur sa surface extérieure (types Lancashire, Cornouailles, Galloway, etc.).

Ultérieurement, l'invention de la chaudière tubulaire, par l'ingénieur français Secuin, constitua un progrès appréciable. Cette chaudière est puissante, sous un poids relativement faible, et a permis, notamment, la réalisation de la locomotive à vapeur. Le foyer est intérieur à la chaudière et installé dans la boîte à feu. Les gaz chauds produits par la combustion du charbon suivent un grand nombre de tubes de petit diamètre qui sont entourés par de l'eau, dont ils provoquent la vaporisation. Ils s'échappent ensuite par la cheminée. On construit des types analogues pour les navires à vapeur et aussi pour des usines fixes (types Babcock, Stirling, Niclaussé).

Comme il était nécessaire d'obtenir des chaudières de plus en plus puissantes et légères et que, d'autre part, les pressions utilisées s'élevaient toujours, on a été conduit aux chaudières aquatubulaires, formées de tubes relativement faibles, remplis d'eau et chauffés extérieurement, permettant ainsi un contact constant des gaz du foyer avec l'eau à vaporiser. On a construit, sur ce principe, un grand nombre de générateurs à vapeur.

c) Moteurs à vapeur

La machine à vapeur

La vapeur qui sert à l'alimentation d'une machine à vapeur est produite dans un générateur ou chaudière, elle est ensuite utilisée dans le moteur proprement dit, et s'échappe finalement dans l'atmosphère ou dans un condenseur. La partie essentielle d'un moteur à vapeur est le cylindre, dans lequel se fait l'utilisation de la force motrice; dans ce cylindre se meut un piston, qui se déplace sous l'action de la vapeur. Cette dernière arrive de la chaudière par une conduite appelée conduite d'amenée, qui se termine à chacune des extrémités du cylindre par deux ouvertures appelées lumières; l'ensemble du système compris entre la conduite d'amenée et ces lumières constitue le système d'admission de la vapeur. On trouve également, aux deux extrémités du cylindre, des lumières qui servent à l'évacuation de

la vapeur et qui peuvent être les mêmes que les précédentes; c'est le système d'échappement qui les met en communication, au moment idoine, avec la conduite d'échappement qui débouche, soit à l'air libre, soit dans un récipient clos où l'on maintient une pression inférieure à la pression atmosphérique; ce récipient clos constitue le condenseur et la machine est dite, dans ce cas, à condensation.

L'ensemble des organes réglant l'admission et l'échappement constitue la distribution de vapeur; ils sont en général contenus dans une boîte de distribution. La partie cylindrique du cylindre, appelée corps du cylindre, est fermée par deux fonds; l'un d'eux est traversé par la tige du piston et reçoit souvent le nom spécial de couvercle. Il est essentiel que le joint existant entre le piston et le corps du cylindre soit parfaitement étanche; dans ce but, des dispositifs spéciaux ont été adoptés - sous le nom de garnitures du piston -. Ils empêchent les fuites de vapeur dans le joint, tout en assurant un glissement facile; les garnitures métalliques sont appelées segments.

Suivant que la pression de la vapeur s'exerce sur l'une ou l'autre face du piston, ce dernier se déplace dans un sens ou dans l'autre; sa tige est donc animée d'un mouvement de va-et-vient, qu'il est utile de transformer, le plus souvent, en mouvement continu de rotation imprimé à un arbre, qui constitue l'arbre de couche. Cet arbre est saisi en deux de ses points par des coussinets qui assurent la fixité de l'axe et qui sont constitués par des pièces de bronze, de manière à obtenir un frottement doux; la portion de l'arbre qui tourne dans un coussinet est soigneusement tournée, c'est la fusée ou soie.

Les coussinets reposent eux-mêmes à l'intérieur de paliers, formés par des supports d'une grande solidité.

L'arbre est souvent coudé; c'est dans une partie coudée que s'exerce l'effort déterminant en rotation. Cette disposition est dite en vilebroquin. La partie centrale constitue la fusée du vilebroquin, les deux parties qui la retiennent à l'arbre sont les joues. Le vilebroquin est placé entre les deux paliers. L'arbre de couche est relié à l'extrémité de la tige du piston par la bielle; celle-ci est articulée avec la tige du piston par son pied ou petite-tête, et avec la fusée du vilebroquin par sa grosse tête, la partie intermédiaire est le corps de bielle; le système de l'articulation du pied de bielle qui porte le nom de crosse et sur lequel s'exerce - par l'extrémité de la tige du piston - tout l'effort moteur, doit être solidement maintenu par des glissières ou guides; la partie de la crosse qui frotte sur ces guides est appelée patin.

Les parties fixes de la machine, à savoir le cylindre, les paliers de l'arbre de couche sont portées par le bâti, qui doit être solidement établi sur un massif en maçonnerie qui constitue les fondations de la machine.

La turbine à vapeur

On appelle turbine à vapeur une roue à axe horizontal, dans laquelle l'énergie développée par l'eau est remplacée par celle de la vapeur agissant soit par pression, soit par sa vitesse.

ment au turbo-compresseur, c'est un groupe dynamique comprenant une turbine et un compresseur. Il est destiné à fournir de l'air comprimé.

De même que pour les turbines hydrauliques, la vapeur peut agir uniquement par sa force vive sur les aubes d'une roue mobile; la turbine fonctionne alors à action (turbines Laval, Curtis, Rateau, Zoelly); ou bien, la vapeur exerce sa pression en se détendant dans les aubes de la roue, et agit tant par sa force vive que par la puissance de son expansion: la turbine fonctionne alors à réaction (turbines Parson, Brown-Boveri). Suivant que le chemin parcouru par la vapeur est parallèle ou perpendiculaire à l'axe, la turbine est dite axiale ou radiale.

d) Moteurs thermiques

Moteur à gaz

Les moteurs à gaz transforment en travail mécanique la chaleur développée par la combustion d'un mélange gazeux. Cette combustion produit, en effet, une élévation de température, d'où résulte une dilatation du gaz et une augmentation de sa tension, laquelle est utilisée pour mettre en mouvement un piston moteur. Les moteurs à air chaud utilisent aussi l'augmentation de pression due à l'échauffement d'une masse gazeuse; mais le corps qui fournit la chaleur, et le gaz, ne sont pas intimement mélangés: le combustible est un solide brûlant sur une grille; la masse gazeuse est chauffée par lui tantôt dans un récipient ne communiquant pas avec le foyer, tantôt par son passage à travers le foyer lui-même; d'où elle entraîne les gaz provenant de la combustion.

Les moteurs à gaz appartiennent à la grande famille des moteurs thermiques.

Dans certaines machines sans compression, la détente du gaz après sa combustion est tellement prolongée, qu'on raison du lancé du piston la tension de la masse gazeuse devient inférieure à la pression barométrique; il se produit ainsi un vide derrière le piston et ce dernier revient en arrière sous l'influence de la pression atmosphérique, c'est cette partie de la course du piston qui, seule, est motrice. Les machines de ce genre constituent la classe des moteurs atmosphériques.

Moteur à explosion

Le carburant est un mélange détonnant préparé dans le carburateur - pour l'essence - dans le gazogène pour les combustibles solides.

Le carburateur assure la régularité de la composition du mélange de vapeur d'essence et d'air utilisé dans le moteur à essence.

Le moteur à explosion comprend un cylindre dans lequel se meut un piston. Au-dessus du piston se trouve la chambre d'explosion. Celle-ci est renfermée dans une enceinte qu'on appelle culasse. La chambre d'explosion est munie de soupapes permettant l'arrivée du mélange détonnant (soupape d'admission) et la sortie des gaz brûlés (soupape d'échappement). Ces soupapes fonctionnent automatiquement par le jeu de cames commandées par le moteur qui fait tourner l'arbre à canes ou arbre de distribution.

Une bougie (d'allumare) engagée dans la culasse sert à provoquer l'explosion. Elle se compose de deux électrodes isolées dans la porcelaine et reliées extérieurement aux pôles d'une magnéto. Le courant de haute tension produit ainsi une étincelle, à intervalles de temps réguliers, entre les deux pointes de la bougie, et provoque l'allumage du mélange détonnant.

Le déplacement linéaire du piston est transformé par la bielle en un mouvement de rotation du volant ou du vilebrequin sur lequel on recueillera l'énergie mécanique utilisable.

Moteur Diesel

Il a été inventé en 1893 par l'ingénieur allemand Diesel.

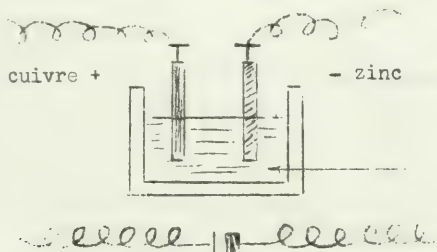
Dans le moteur Diesel, appelé aussi moteur à combustion interne, l'air prélevé à l'extérieur est comprimé, dans un cylindre, à une pression élevée (de 30 à 50 kg - cm²) ce qui élève considérablement sa température (au delà de 600°). Au moment où l'on introduit dans le cylindre, à l'aide d'une pression encore plus élevée, une petite quantité d'huile lourde liquide, celle-ci se vaporise immédiatement en se détendant. Elle s'enflamme aussitôt par auto-allumage, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une bougie. Cette combustion non explosive dégage de la vapeur d'eau et du gaz carbonique très chaud, qui ont une forte pression en raison du faible volume dans lequel ils apparaissent. Cette pression repousse le piston, qui agit sur un volant ou un vilebrequin (dans le cas de plusieurs moteurs accouplés) par l'intermédiaire d'une bielle.

B. ENERGIE ELECTRIQUE

a) Notions d'électricité

Aperçu général

"Un système de deux lames métalliques séparées l'une de l'autre et plongées dans le même liquide par lequel elles sont inégalement attaquées, constitue une pile électrique.



L'action chimique dont la pile est le siège donne naissance à des phénomènes électriques faciles à constater lorsque nous reions, au moyen de fils métalliques (ou conducteurs) chacune des électrodes de la pile avec notre langue (effets physiologiques), ou encore lorsque nous choquons dans l'obscurité l'extrémité de ces fils, ce qui produit à chaque rupture de con-

tact une étincelle électrique (effets lumineux). Ces effets sont dus à une différence de potentiel analogue à la différence de niveau hydraulique, en vertu de laquelle les deux électrodes ou pôles (positif + et négatif -) sont à des niveaux électriques différents.

Par suite de cette différence de potentiel, un courant électrique, supposé analogue à un courant liquide, parcourt le fil conducteur avec lequel nous relierons les deux pôles, ce fil conducteur jouant pour l'électricité le rôle l'outuyau par rapport aux liquides.

Le courant ainsi produit est décollé tant par l'échauffement du conducteur, pouvant aller jusqu'à l'incandescence et la fusion (effets calorifiques, lampes à incandescence à filament de charbon ou à filament métallique), que par l'action perturbatrice exercée sur l'aiguille aimantée (effets électro-magnétiques).

Par convention, on admet que ce courant circule dans le fil de l'électrode la moins attaquée, qu'on suppose être au potentiel le plus élevé (pôle positif ou +), vers l'électrode la plus attaquée, qu'on suppose être au potentiel le plus bas (pôle négatif ou -).

Ainsi, dans une pile zinc - cuivre - acide sulfurique, c'est le cuivre qui constitue le pôle positif.

Nous pouvons donc nous représenter ce courant électrique comme ayant pour effet de transporter à chaque instant, du pôle positif vers le pôle négatif, une certaine quantité d'électricité, analogue à une quantité de liquide". (Georges Claude)

Avant de poursuivre notre exposé nous nous proposons de préciser les idées au sujet du travail, de la puissance et de leur mesure.

Travail: le joule

Pour lever un certain poids à une certaine hauteur, il faut dépenser une certaine quantité de travail. On a choisi comme unité-pratique de travail le kilogrammètre (kgm). C'est le travail nécessaire pour élever un kilogramme à la hauteur d'un mètre.

L'unité de travail électrique a reçu le nom de joule. Le joule vaut 0,102 kgm, soit environ un dixième de kilogrammètre. C'est le travail nécessaire pour élever 102 grammes à la hauteur de un mètre.

Puissance: le watt

On appelle puissance d'une machine la quantité de travail que cette machine produit pendant l'unité de temps.

L'unité industrielle de puissance est le cheval-vapour, qui représente la puissance d'une machine qui est capable d'effectuer 75 kilogrammètres par seconde.

L'unité de puissance électrique est le watt: il représente la puissance d'une machine qui effectue un travail de 1 joule par seconde, autrement

dit 0,102 kilogrammètre par seconde. Le kilowatt égale 1.000 watts.

Résumons symboliquement:

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ seconde}} = \frac{0,102 \text{ kpm}}{\text{sec.}}$$

$$1 \text{ kilowatt} = 1.000 \frac{\text{joules}}{\text{seconde}} = 102 \frac{\text{kpm}}{\text{seconde}}$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt} \times 1 \text{ seconde.}$$

Cheval-heure

Le cheval-heure est le travail effectué par une machine de 1 cheval pendant une heure. Une telle machine effectue 75 kilogrammètres par seconde. En une heure, elle effectuera $75 \times 3.600 = 270.000$ kilogrammètres. Donc:

$$1 \text{ cheval-heure} = 270.000 \text{ kpm.}$$

Watt-heure et kilowatt-heure

Le watt-heure est le travail effectué pendant une heure par une machine dont la puissance est de 1 watt. Une telle machine effectuera 0,102 kilogrammètre par seconde; en une heure elle effectuera donc: $0,102 \text{ kpm} \times 3.600 = 367,2$ kilogrammètres.

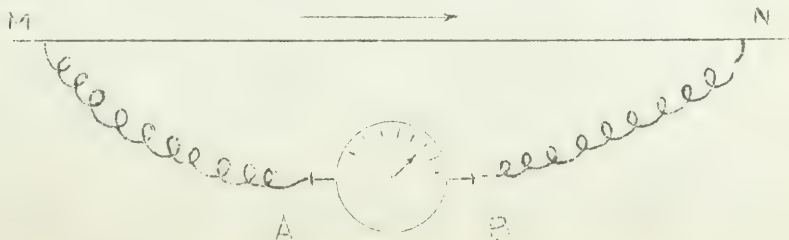
En conséquence: 1 watt-heure = 367,2 kpm.

Enfin: 1 kilowatt-heure = 367.200 kpm.

Voltmètres

Les appareils destinés à mesurer les différences de potentiel s'appellent des voltmètres. Ces appareils présentent toujours deux bornes A et B. Une aiguille, mobile sur un cadran divisé, indique les différences de potentiel cherchées.

Pour mesurer, à l'aide de cet instrument, la différence de potentiel qui existe entre deux points quelconques M et N d'un fil donné, parcouru par un courant électrique, il suffit, sans rien déranger dans le circuit, de motter les deux bornes du voltmètre en communication avec ces deux points, au moyen de fils métalliques. L'aiguille de l'appareil marque alors le nombre de volts - le voltage - du courant. Nous avons ainsi l'exemple d'un appareil disposé en dérivation sur le circuit principal.



Tension

On emploie souvent, comme synonyme de potentiel, le mot tension. Un générateur à haute tension, par exemple, est un générateur qui établit une grande différence de potentiel (plusieurs milliers de volts par exemple) entre ses bornes, ou encore - pour utiliser une comparaison avec l'hydraulique - qui élève l'électricité à une grande hauteur.

Force électromotrice

On appelle force électromotrice (f.e.m.) la différence de potentiel aux bornes d'une source d'électricité qui ne débite pas. Cette f.e.m., qui s'exprime en volts, est fixe pour un type de pile donné et ne dépend ni de la forme ni de la grandeur de celle-ci.

Quantité d'électricité

La hauteur d'une chute d'eau ne suffit pas à caractériser cette chute: elle ne donne pas, à l'industriel, tous les renseignements qui lui sont nécessaires pour l'utiliser. Il faut encore connaître la quantité d'eau qui tombe par seconde. Par exemple, nous dirons: telle chute a une hauteur de 10 m et débite 1.000 kg d'eau par seconde. Nous aurons ainsi défini entièrement la valeur de cette chute.

Nous devons de même, en électricité, introduire une notion nouvelle, celle de quantité d'électricité, qui sera l'analogue de la quantité d'eau. De même qu'une chute d'eau est caractérisée par une certaine quantité d'eau tombant d'une certaine hauteur, de même une chute d'électricité sera caractérisée par une certaine quantité d'électricité tombant d'un certain potentiel. Enfin, si l'unité de poids d'eau a reçu un nom particulier, kilogramme, l'unité de quantité d'électricité a reçu un nom particulier; on l'appelle coulomb.

1 kg d'eau tombant d'une hauteur de 1 m rend disponible une certaine quantité d'énergie, qui est appelée un kilogrammètre.

De même, un coulomb tombant d'une hauteur d'un volt rend disponible (sous une forme quelconque) une quantité d'énergie qu'on appelle joule.

1 joule = 0,102 kilogrammètre.

Compteurs de quantité

Les instruments destinés à mesurer la quantité d'électricité qui passe pendant un certain temps dans un circuit donné, s'appellent des compteurs de quantité ou coulombmètres.

Ces instruments, intercalés sur un circuit, de manière que tout le courant les traverse, indiquent la quantité d'électricité qui a passé pendant un temps donné, de la même manière qu'un compteur d'eau ou de gaz, par exemple, indique la quantité de matière qui l'a traversé.

Intensité d'un courant

On appelle intensité d'un courant la quantité de courant qu'il

transporte par seconde; il est évident que l'intensité d'un courant est la même en tous les points de son circuit.

L'unité d'intensité sera l'intensité d'un courant qui transporte un coulomb par seconde. Cette unité a reçu un nom particulier: on l'appelle ampère.

Ainsi - expose le professeur Paul Janet - un courant dont l'intensité est un ampère est un courant qui transporte un coulomb par seconde, et, réciproquement, un coulomb est la quantité d'électricité qui transporte pendant une seconde un courant d'un ampère. On appelle souvent débit d'un générateur l'intensité du courant qu'il fournit.

On voit que l'on peut prendre comme notion primordiale soit la quantité d'électricité, soit l'intensité: la définition de l'un étant bien comprise, celle de l'autre s'en déduit immédiatement. Il y a d'ailleurs, entre la quantité d'électricité et l'intensité d'un courant, la même relation qu'entre l'espace et la vitesse, entre le travail et la puissance, etc. La vitesse d'un mouvement uniforme est l'espace parcouru pendant une seconde; la puissance d'une machine est le travail accompli pendant une seconde; enfin l'intensité d'un courant est la quantité d'électricité transportée pendant une seconde.

Notons que la vitesse du courant électrique (ou intensité), contrairement à celle du courant hydraulique, ne dépend pas de la différence de potentiel (donc de hauteur) qui le détermine.

Ceci provient de ce que courant électrique et courant hydraulique sont des choses bien différentes. La comparaison entre les deux courants est purement didactique.

Ampèremètres

L'intensité d'un courant se mesure à l'aide d'appareils appelés des ampèremètres, dont la forme extérieure ne diffère pas de celle des voltmètres.

Mais il est très important de remarquer que le mode d'emploi des deux appareils n'est pas le même: un ampèremètre se place sur le circuit principal de manière que tout le courant le traverse; une telle disposition porte le nom de disposition en série. Ainsi, un ampèremètre se place en série, un voltmètre en dérivation sur le courant principal.



Schéma du placement d'un ampèremètre.

Ampère-heure

Dans la pratique, on adopte souvent des unités de quantités dérivées de l'unité d'intensité. Le nom seul de ces nouvelles unités suffira à en donner la définition: on appellera, par exemple, ampère-heure la quantité d'électricité transportée par un courant de 1 ampère pendant 1 heure. Il est

évident que 1 ampère-heure = 3.600 coulombs, et, inversement, que 1 coulomb = $\frac{1}{3.600}$ d'ampère-heure. Il résulte aussi de ces définitions que: 1 volt x 1 ampère-heure = 1 watt-heure.

Notons, à titre d'analogie que le cheval-heure (unité de travail) se déduit du cheval (unité de puissance) comme l'ampère-heure (unité de quantité) se déduit de l'ampère (unité d'intensité).

Résistance

Les conducteurs électriques, de même que les tuyaux pour les liquides opposent au passage du courant électrique une résistance d'autant plus grande que leur longueur est plus grande et leur section plus petite. Cette résistance dépend aussi beaucoup de la nature du conducteur, les conducteurs étant très différemment perméables au courant.

Les résistances se mesurent et s'expriment en ohms, l'ohm étant représenté par la résistance d'un conducteur tel que, soumis à une différence de potentiel de 1 volt, il se laisse traverser par un courant de 1 ampère.

Loi d'OHM

Dans un système conducteur parcouru par un courant, la différence de potentiel (E) agissante, la résistance du système (R) et le courant produit (I) sont liés par la loi d'ohm $I = \frac{R \cdot E}{R}$ qui permet de trouver un quelconque des trois facteurs quand les deux autres sont connus:

$$E = R I \quad - \quad R = \frac{E}{I}$$

Résistance spécifique

La résistance d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur, et inversement proportionnelle à sa section.

En d'autres termes: la résistance d'un conducteur augmente avec sa longueur.

Au contraire elle diminue si nous augmentons le diamètre du conducteur, sa grosseur.

La résistance du conducteur, en dehors des dimensions du conducteur, ne dépend que de sa nature. Ceci nous permettra d'écrire, en désignant la longueur par l et la section par s, que sa résistance R est donnée par la formule

$$R = \frac{\alpha l}{s}$$

α (alpha) étant un coefficient déterminé par l'expérience, particulier à chaque métal, que l'on appelle la résistance spécifique de ce métal. Cette formule permet d'obtenir R en ohms, à condition d'exprimer la longueur l en centimètres et la section s en centimètres carrés.

Quant à la résistance spécifique, elle est numériquement égale à

la résistance entre les faces d'un centimètre cube de la substance. Cette résistance spécifique est exprimée en ohms-centimètres.

Résistances spécifiques de quelques substances usuelles

Noms des corps	Résistance spécifique en ohms-centimètres
Argent recuit	0,000001430
Cuivre recuit	0,000001564
Or écroui	0,000002077
Zinc comprimé	0,000005589
Platine recuit	0,000008981
Fer recuit	0,000009636
Plomb comprimé	0,000019465
Mercure liquide	0,000094340
Solution de sulfate de cuivre saturée	29

Une mise en garde

Il faut bien se garder - souligne G. Claude - de confondre la résistance spécifique avec une résistance et de l'exprimer en ohms. Car l'équation $R = \frac{\rho l}{s}$ nous montre qu'il faut multiplier par une longueur l et le diviser par une surface s - ce qui revient, en somme, à le diviser par une longueur - pour avoir une résistance. Et il faut bien pour cela que soit une résistance multipliée par une longueur:

$$\rho = \frac{R s}{l}$$

C'est pourquoi on l'exprime en ohms-centimètres.

Un problème

Trouver la résistance d'un fil de cuivre de 2 millimètres carrés de section et de 30 mètres de longueur.

Il faut dans la formule $R = \frac{\rho l}{s}$ faire

- $\rho = 0,000001564$ ohms-centimètres,
- $l = 3.000$ centimètres,
- $s = 0,02$ cm².

$$\text{Donc } R = \frac{0,000001564 \times 3.000}{0,02} = 0,2376 \text{ ohms.}$$

Résistance intérieure

De même que l'écoulement entre deux vases communicants s'arrêterait si nous n'avions pas un système susceptible de remonter le liquide au prix d'une dépense d'énergie extérieure, de même le courant électrique traversant un conducteur reliant les deux pôles d'une pile tarirait bientôt, si l'action chimique dans cette pile n'avait pour effet d'entretenir la différence de

niveau entre ces deux pôles, et remontant en quelque sorte à chaque instant vers le pôle positif la quantité d'électricité que le conducteur déverse au pôle négatif. Il faut donc s'imaginer un système conducteur parcouru par un courant comme un circuit fermé, la circulation se continuant à travers la source.

Cette source oppose à la circulation, pour sa part, une résistance que l'on appelle résistance intérieure. Par conséquent, une certaine partie (puissance perdue) de la puissance totale fournie par la pile est absorbée dans la pile sous forme d'échauffement. L'autre partie apparaît dans le conducteur et est la puissance utile. On appelle rendement le rapport de la puissance utile à la puissance totale. Pour que le rendement soit bon, il faut que la pile ait une faible résistance intérieure.

C'est la résistance intérieure des sources électriques qui est cause que la différence de potentiel aux bornes d'une pile est toujours plus faible que la force électromotrice et varie avec le débit.

Loi de Joule

Nous sommes maintenant en mesure de calculer la quantité de chaleur dégagée, pendant une seconde, entre les deux points A et B d'un circuit, ne comprenant entre eux ni générateurs ni récepteurs.

Soient E la différence de potentiel entre ces deux points, R la résistance qui les sépare, I l'intensité du courant. La puissance disponible entre ces deux points est $E \times I$ watts. Comme il n'existe pas de récepteur entre ces points, cette puissance apparaît toute entière sous forme de chaleur. Nous recueillons donc sous forme de chaleur $E \times I$ joules par seconde; c'est-à-dire $E \times I \times 0,24$ calories par seconde.

Mais nous pouvons encore donner une autre forme à l'expression de cette puissance, puisque l'on a d'après la loi d'Ohm: $E = R \times I$.

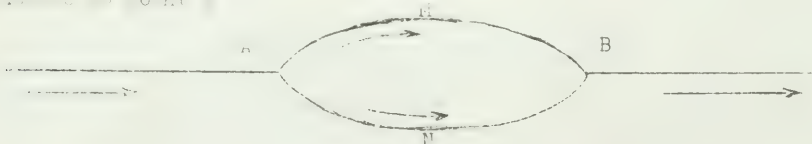
$$\text{Chaleur} = E \times I = R \times I \times I = R \times I^2.$$

Ainsi nous arrivons à la loi suivante dite de Joule: La puissance qui apparaît entre deux points d'un circuit, sous forme de chaleur, est égale au produit de la résistance qui existe entre ces deux points par le carré de l'intensité. Cette puissance correspond à un dégagement de

$$R \times I^2 \times 0,24 \text{ calories par seconde.}$$

Courants dérivés

Il arrive souvent qu'un courant parvenu en un certain point A, se bifurque pour suivre deux chemins différents AMB, ANB qui se rejoignent en un certain point B.



Comment se fait, dans ce cas, le partage du courant entre les deux branches ?

Les lois qui régissent ces partages sont très simples:

- 1° La somme des intensités dans les deux branches dérivées AMB et ANB est égale à l'intensité dans la branche principale XA, BY.
- 2° Les intensités dans les branches dérivées sont en raison inverse des résistances de ces branches.

On voit que le problème du partage d'un courant donné entre les branches AMB, ANB revient au problème d'arithmétique suivant:

Partager un nombre donné en deux autres, inversement proportionnels à des nombres donnés.

Supposons, par exemple, que le courant principal ait une intensité de 11 ampères, que la branche AMB ait une résistance de 10 ohms et ANB de 1 ohm; on voit immédiatement que les intensités cherchées seront:

1 ampère dans AMB
10 ampères dans ANB.

Courants alternatifs

On appelle ainsi des courants dont l'intensité est une fonction périodique du temps, sa valeur moyenne étant nulle.

Les plus simples d'entre-eux - et les courants industriels sont toujours à peu près de ce type - sont les courants sinusoïdaux.

Les courants alternatifs sont fournis par les alternateurs.

Ils sont beaucoup plus employés que les courants continus, car, pouvant être produits sous des tensions élevées, ils se prêtent aux transports à grande distance sans perte de puissance trop élevée et l'on peut aisément modifier leur tension grâce aux transformateurs.

On utilise alors habituellement des courants triphasés, ensemble de trois courants de même fréquence, décalés entre eux d'un tiers de période.

Electronique

Voir chapitre III.

b) Les centrales électriques

Centrales thermiques

1. Centrales thermiques utilisant une turbine

Le combustible est du charbon pulvérisé et soufflé dans le foyer, à l'orifice des brûleurs par l'air comprimé. Ce charbon brûle presque aussi facilement qu'un gaz. La chaleur dégagée par la combustion sert à l'ébullition de l'eau dans un faisceau de tuyaux réunis vers le haut par un collecteur. La vapeur d'eau produite (125^a) est portée à une température plus élevée (400^a) dans un surchauffeur.

La vapeur surchauffée se détend dans une turbine dont elle actionne les ailettes placées à la périphérie des roues fixées sur l'axe de cette machine.

Son action terminée, la vapeur, déjà refroidie, est ramenée à l'état liquide dans un condenseur baigné dans un courant d'eau froide.

La ^{vapeur} liquéfiée est renvoyée à la chaudière par une pompe en étant au préalable réchauffée dans un réchauffeur qui récupère une partie de la chaleur dégagée dans le foyer.

La turbine actionne un alternateur.

2. Centrales thermiques à moteurs à explosion

Cette solution est adoptée lorsqu'il est possible d'utiliser, comme carburant, le gaz dégagé par les hauts-fourneaux. Ce gaz est un mélange contenant une forte proportion d'azote, ainsi qu'un gaz toxique mais combustible, l'oxyde de carbone CO. Ce gaz est brûlé par de l'air suivant la réaction $CO + O = CO_2$, dans des fours ou des moteurs.

3. Centrales thermiques utilisant un moteur Diesel

Parfois, une centrale thermique est équipée de moteurs Diesel qui peuvent être rapidement mis en service pour répondre aux demandes imprévues d'électricité.

Centrales hydro-électriques

Ces centrales convertissent, en énergie électrique, l'énergie potentielle d'une masse d'eau passant d'un certain niveau à un niveau inférieur. Dans le cas d'une chute de hauteur moyenne (entre 35 et 300 m), l'installation comprend:

- Le barrage et ses organes accessoires, déversoirs, purges, etc.;
- La prise d'eau et ses annexes: vannes, grilles, etc.;
- Le canal d'aménée, conduisant en général les eaux sous pression;
- Les conduites forcées, ou conduites sous pression et leurs accessoires, chambres de mise en charge, grilles, vannes;
- Les turbines avec leurs appareils de commande et d'accouplement aux machines électriques;
- Les machines génératrices, les tableaux, les postes éleveur de tension;
- Les ouvrages d'évacuation de l'eau, ramenant celle-ci à la rivière.

c) Machines pour la production de courants électriques

Elles utilisent les phénomènes d'induction produit par un champ magnétique par un circuit.

On appelle induction, la transmission à distance d'énergie électrique ou magnétique par l'intermédiaire d'un courant ou d'un aimant.

Suivant que l'induction est produite au moyen d'un aimant ou d'un

électro-aimant, les machines prennent le nom de machines magnéto-électriques ou magnéto et les machines dynamo-électriques ou dynamos.

Les magnéto sont en général de moindre puissance que les dynamos. Toutes ces machines fournissent normalement un courant alternatif. On peut, au moyen d'un dispositif appelé collecteur, redresser une moitié du courant et le rendre de même sens que l'autre moitié. On obtient ainsi des machines magnéto ou dynamos à courant continu.

Les dynamos à courant alternatif sont les appareils de production de courant les plus simples et les plus puissants.

On donne le nom d'alternateur à la machine génératrice utilisant la puissance mécanique pour la production de tensions et de courants alternatifs monophasés ou polyphasés.

Tout alternateur comprend un inducteur ayant pour fonction de produire un champ magnétique puissant, et un induit, placé dans le champ où se développent les courants d'induction.

d) Moteurs électriques

Une machine électrique ordinaire sert à transformer en énergie électrique l'énergie mécanique qui la met en mouvement.

Mais si l'on prend la même machine au repos, et que l'on fasse arriver à ses bornes le courant électrique d'une autre machine semblable, on voit l'induit de la première machine tourner et restituer une grande partie de l'énergie mécanique qui fait fonctionner la seconde machine. C'est là le principe de la réversibilité à distance des machines électriques, qui a révolutionné vers la fin du XIXe siècle l'industrie entière.

Les moteurs électriques peuvent être actionnés soit par du courant continu (moteurs à courant continu) soit par du courant alternatif monophasé ou polyphasé.

Dans la catégorie des moteurs à courant alternatif, on distingue les moteurs synchrones et les moteurs asynchrones.

Les moteurs électriques ont tous besoin d'une excitation pour démarrer: dans le cas des moteurs synchrones cette excitation est fournie par du courant continu; quant aux moteurs asynchrones, ils empruntent leur courant magnétisant au réseau. Ce courant ne consomme pas de puissance: il est dit dévatté par comparaison avec le courant servant à la production du travail ou courant wattés.

e) Transformateurs

Le transformateur permet d'élever ou d'abaisser à volonté la tension des courants alternatifs suivant les applications cherchées.

Un transformateur se compose essentiellement d'un noyau annulaire

de fer doux sur lequel s'enroulent deux circuits formés de bobines alternées. Une moitié des bobines qui sont unies en série, sont à gros fil et à peu de spires, et les autres, également en série, sont à fil fin et à spires nombreuses.

On appelle primaire celui des enroulements qui est mis en communication avec le courant à transformer, et secondaire celui qui fournit le nouveau courant.

f) Transport du courant électrique

1. On a tout intérêt à opérer le transport de l'énergie électrique à une tension aussi élevée que possible, permettant de diminuer la section des conducteurs de la ligne, donc de diminuer le poids du cuivre et l'importance des supports.

2. Le courant de haute tension produit par la centrale électrique est ramené dans des sous-stations à une tension plus faible, abaissée elle-même sur les lieux d'utilisation à une tension de 110 ou 220 volts.

3. Les conducteurs aériens sont nus en cuivre, parfois en bronze phosphoreux ou siliceux.

4. Suivant les circonstances, on attache les conducteurs sur des poteaux en bois, en fer ou en béton armé.

5. Les isolateurs ont la forme de double cloches; ils sont en porcelaine émaillée, en verre ou en matière plastique, et munis d'un support généralement en fer galvanisé.

6. Dans les locaux fermés, les fils doivent être isolés (coton, soie, caoutchouc) et mis sous tubes de plomb ou d'acier.

7. Dans les villes on emploie des canalisations souterraines, comprenant trois parties: l'enveloppe protectrice, l'isolant et les conducteurs.

g) Interconnexion des centrales électriques

L'interconnexion est l'action de connecter deux ou plusieurs circuits électriques.

L'interconnexion est également le résultat de cette action.

Notons que l'interconnexion des réseaux d'énergie électrique, qui a nécessité l'égalisation des fréquences des courants alternatifs, permet de suppléer à l'insuffisance momentanée d'un réseau (pendant les heures de pointe, ou bien en cas de panne).

Avec le développement de l'interconnexion, le vocable centrale tend naturellement à disparaître; il ne se justifie plus comme autrefois, lorsque le réseau s'était fragmentairement développé autour d'usines centrales. Maintenant, il existe un réseau de distribution aux abonnés, auquel se superpose un réseau de transport le desservant, lui-même alimenté par les usines.

C. ENERGIE RAYONNANTE

Energie solaire

On peut dire que c'est du soleil que vient, en définitive, toute l'énergie qui est consommée à la surface de la terre.

Différents procédés sont employés pour capter et utiliser l'énergie solaire (énergie héliothermique).

- 1° Insolation directe: on fait appel à des appareils du type des couveuses artificielles. L'énergie captée suffit aux besoins ménagers, dans les pays bien ensoleillés (ébullition de l'eau).
- 2° Concentration des rayons lumineux à l'aide de réflecteurs simples. On dispose ainsi d'une température de quelques centaines de degrés: production de vapeur qui permet d'actionner une turbine de petites dimensions.
- 3° Concentration des rayons par des miroirs paraboliques: on atteint plusieurs milliers de degrés (fours solaires).
- 4° Emploi de "piles" au silicium: les besoins d'énergie solaire nécessitent pour la propulsion des satellites artificiels et des véhicules cosmiques développer rapidement cette technique.

Photo-électricité

La photo-électricité procède de phénomènes photo-électriques, consistant en l'émission d'électrons par des métaux soumis à des radiations lumineuses. Notons que ces phénomènes réalisent la transformation d'énergie rayonnante en énergie électrique.

On désigne sous le nom de cellules photo-électriques, trois types d'appareils entièrement différents selon le principe qui a servi à les établir.

- 1° Les cellules photoconductrices ou photorésistantes, habituellement au sélénium, dont la conductibilité électrique varie selon l'éclairement qu'elles reçoivent. La cellule photo-électrique ainsi constituée, qui transforme donc en courant électrique l'énergie rayonnante, permet l'émission en télévision et se prête aux mesures photo-électriques.
(On appelle corps photorésistants, ceux dont la résistance électrique varie avec l'intensité de la lumière qui les frappe: le sélénium est photorésistant.)
- 2° Les cellules photo-émisives ou photométrices, qui émettent un faisceau d'électrons, plus ou moins intense sous l'effet d'un éclairement de la cathode métallique (potassium, caesium, etc.); certaines sont constituées par des tubes à vide, d'autres sont à atmosphère gazeuse.
- 3° Les cellules photovoltaïques ou photopiles: type de pile électrique qui ne produit un courant que lorsqu'elle est éclairée, et dont la force électromotrice est proportionnelle à l'éclairement qu'elle reçoit.

Thermo-électricité

1. Couple thermo-électrique

Système constitué d'un métal relié par ses extrémités à deux pièces d'un même métal, différent du premier, et qui jouit de la propriété de développer une force électromotrice quand les contacts des deux métaux sont à des températures différentes. (Le couple thermo-électrique est l'organe essentiel des thermomètres électriques ou pyromètres.)

Le couple thermo-électrique constitue un générateur transformant directement l'énergie calorifique en énergie électrique.

2. Pile thermo-électrique

Un nombre quelconque de couples peuvent être associés de manière à former une pile (ex. pile de Melloni).

3. Effet thermo-électrique

Lorsqu'un métal, placé dans un vide poussé (1 millionième de millimètre de mercure) est porté à une température élevée, il émet des électrons. Pour éviter que ceux-ci reviennent dans le conducteur (qui les attire à cause de sa charge positive), on crée un champ électrique intense à l'aide d'une plaque portée à un potentiel positif élevé. Tel est le principe de la lampe (électronique) diode dans laquelle un flux d'électrons part d'un filament chauffé et se dirige vers la plaque.

D. ENERGIE NUCLÉAIRE

Importance de la radioactivité

(Sur la radioactivité, voir le cours de produits commerciaux, chap. I, a).

L'existence de réserves immenses d'énergie au sein des atomes lourds a été révélée par la découverte de la radioactivité, à la fin du siècle dernier.

Dès les premières années du XXe siècle, on pouvait calculer que la transformation de l'uranium (par radioactivité naturelle) en hélium et en plomb, dégagerait pour 1 kg d'uranium entièrement désintégré, autant de chaleur que la combustion d'environ 500 tonnes de charbon. Mais le dégagement d'énergie spontanée par l'uranium et ses dérivés est extrêmement lent et bien que pour 1 kg de matière il représente immensément plus que les réactions chimiques les plus vives, il est totalement inutilisable. En effet, ce dégagement s'échelonne sur des milliards d'années et rien à ce moment-là ne permettait d'entrevoir comment on pourrait en changer le cours inexorablement lent.

Mais les travaux sur la structure de la matière, ont soudainement, au début de 1939, révélé la possibilité de libérer à notre volonté ces immenses réserves d'énergie.

Les travaux d'Einstein

Les travaux d'Einstein ont montré l'unité de la matière et de l'énergie. On peut dire que la matière est de l'énergie très concentrée. Le taux d'équivalence est énorme: l'énergie équivalente à la matière est égale au produit de la masse par le carré de la vitesse de la lumière, soit: $m \times 9 \times 10^{20}$ (unités CGS: centimètre, gramme, seconde).

L'annihilation totale de 1 gramme de matière correspondrait à 24,7 milliards de kilowatts-heure.

La production de l'énergie atomique repose sur la transmutation ou sur la scission des éléments en d'autres éléments, avec perte de masse, celle-ci apparaissant sous forme d'énergie équivalente.

Travaux de Langevin

En 1912, Langevin souligna qu'il y avait dans cette relation entre l'énergie et la masse, la possibilité de comprendre les écarts des poids atomiques presque entiers par rapport aux multiples entiers du poids de l'atome d'hydrogène. Il suffisait d'admettre que les atomes de divers éléments fussent formés par une association très intime d'atomes d'hydrogène; la grande énergie dégagée par cette association expliquait la masse un peu plus petite des atomes par rapport aux multiples entiers du poids de l'atome d'hydrogène. C'est ainsi qu'à partir des déterminations précises des poids atomiques de l'hydrogène (1,0080) et de l'hélium (4,003) on a pu calculer l'énergie qui serait dégagée si quatre atomes d'hydrogène pouvaient être associés pour former un atome d'hélium, dont la masse est inférieure de 1 pour cent à quatre fois celle de l'atome d'hydrogène.

Un kilogramme d'hydrogène se transformant en hélium dégagerait autant de chaleur que la combustion de 25.000 tonnes de charbon. Cet immense dégagement d'énergie est apparu comme étant la seule source possible pour expliquer la chaleur solaire et, d'une façon générale, la chaleur de rayonnement des étoiles.

Théorie atomique de Bohr

L'atome, comparable à notre système planétaire, se compose au centre, d'un noyau extrêmement petit de l'ordre de 10^{-12} centimètres, dans lequel est concentrée la quasi totalité de la masse de l'élément; ce noyau est une agglomération de protons, particules élémentaires d'électricité positive de masse 1.00078, et de neutrons, particules sans charge électrique et dont la somme est 1.0089.

Autour du noyau, à des distances très grandes, 100.000 fois supérieures au diamètre du noyau gravitent, sur diverses orbites des électrons, particules élémentaires d'électricité négative de masse très petite ($1/1846$ de la masse du proton).

L'atome étant neutre, le nombre d'électrons est égale au nombre des protons; ce nombre est le numéro atomique de l'élément (voir chap. I du cours de produits commerciaux) et coïncide avec le rang de cet élément dans la classification périodique des éléments.

Les travaux de Rutherford: la transmutation

Rutherford, le premier, en 1920, a réussi la transmutation d'un élément non radioactif (réaction nucléaire artificielle). Il a montré que lorsqu'on bombarde le noyau d'un élément par un corpuscule lourd, proton, neutron, deutéron (= noyau du deutérium ou hydrogène lourd = proton + neutron), hélium (2 protons + 2 neutrons), il peut se produire diverses transformations du noyau, des réactions nucléaires.

La fission

On a donné le nom de fission (mot anglais) à la rupture d'un noyau d'atome lourd (uranium, plutonium, etc.) en deux ou plusieurs fragments de masses voisines qui se produit par bombardement à l'aide de neutrons.

Les travaux de Hahn-Strassmann apportèrent la preuve chimique de la division ou fission des atomes d'uranium, par l'action des neutrons en deux atomes de masse comparable.

Cette découverte fut le point de départ de tous les travaux vers la libération de l'énergie atomique. Elle fut faite à la fin de 1938 et publiée en janvier 1939.

Réémission et accélération

C'est la découverte de la réémission de plusieurs neutrons par la fission d'un atome d'uranium provoquée par un neutron, qui a permis de concevoir des mécanismes de libération massive de l'énergie de l'uranium.

Cette découverte a été faite par Joliot, Hablan et Kowarski, qui ont évalué à environ trois le nombre moyen de neutrons émis par la fission, et, à peu près en même temps, mais indépendamment, en Amérique, par Zinn et Sallard.

"A partir de ce moment là, écrit le professeur F. Perrin, il était possible de concevoir un mécanisme d'avalanche provoqué par un neutron initial faisant exploser quelques atomes d'uranium, avec multiplication à chaque génération à la fois du nombre des neutrons et du nombre des atomes explosants. La durée d'une génération étant fort courte, les neutrons émis à grande vitesse pouvant être réabsorbés par des atomes d'uranium après un temps très court, on croyait que l'on pouvait concevoir des réactions en chaîne divergentes, aboutissant en très peu de temps à des transformations de quantités pondérables d'uranium et à la libération des immenses quantités d'énergie correspondantes."

Le deutérium

L'emploi des neutrons comme agents de bombardement permet d'éviter l'action répulsive du noyau à atteindre; les neutrons produits par les réactions nucléaires sont des neutrons rapides, qui ont peu de chance de rencontrer le noyau à bombarder. Il est possible de les ralentir par le graphite ou par l'eau lourde (D²O) (1) dont les noyaux forment une sorte de matelas.

(1) L'eau lourde est constituée par le deutérium, isotope D² de l'hydrogène, dit aussi hydrogène lourd. Sur les isotopes, voir le chap. I, a) du cours des produits commerciaux.

Les neutrons lents, se déplaçant en tous sens à l'intérieur de l'atome, ont alors beaucoup plus de chance de toucher le noyau.

La pile atomique

C'est là le principe des piles atomiques dans lesquelles on empile, par couches interposées, de l'oxyde d'uranium et du graphite (très purs pour éviter les troubles apportés par les impuretés, notamment le bore qui absorbe les neutrons), de manière à régulariser la décomposition nucléaire. Ces piles dégagent une énorme quantité de chaleur qui peut être utilisée à des fins diverses. Les premiers neutrons nécessaires au fonctionnement de la pile proviennent du rayonnement cosmique ou de la décomposition lente et spontanée de l'uranium, on sorte que la pile s'amorce d'elle-même, assez lentement.

Dans le cas où la scission doit être déclenchée rapidement et à un instant déterminé - ainsi que dans la bombe atomique - ils sont produits par bombardement, au moyen du rayonnement d'un corps radioactif, de certains éléments tels que le glucinium, susceptible de libérer des neutrons par réaction nucléaire.

La première pile atomique a été construite à Chicago, sous la direction de Fermi: elle a commencé à fonctionner le 2 décembre 1942, date qui marque le début de l'ère atomique.

I. FUSÉES ET MOTEURS A REACTION

Fusées

Quand une explosion se produit à l'air libre, de grandes quantités de gaz chaud se dispersent avec la même force dans toutes les directions. Dans un canon, par contre, l'explosion a lieu quand le coup part et ne peut se faire qu'à travers le tube du canon: les gaz qu'elle libère ne peuvent s'échapper que d'un seul côté. Ainsi, l'obus, qui peut peser plus d'une tonne, se trouve expulsé par la gueule du canon, tandis que celui-ci se trouve violemment repoussé en sens inverse.

C'est ce qu'on appelle le recul du canon, qui peut le déplacer de plus de cinquante centimètres. Aujourd'hui cependant, les canons sont retenus par des amortisseurs qui absorbent le choc.

La fusée est une machine qui est entièrement mise en mouvement par le recul ou réaction des gaz chauds qui s'échappent par sa partie arrière. Ces gaz se forment dans la fusée où brûle un combustible. Leur combustion est si rapide et si violente, qu'ils s'en échappent comme par une explosion qui se prolongerait pendant un certain temps: plusieurs minutes ou même plusieurs heures.

Constituant le mode le plus ancien et le plus simple de propulsion par réaction, la fusée est aujourd'hui passée du stade de la pyrotechnie (fusées des artificiers) à celui de propulseur d'engins très divers (avions à réactions, fusées cosmiques).

Propulsion par réaction

Tous les corps se meuvent par réaction, car il n'y a pas d'action sans réaction. Toutefois, on désigne généralement sous le nom de propulsion par réaction un mouvement obtenu sans intermédiaire mécanique, tel qu'une roue motrice, un câble de remorque, etc. La propulsion par réaction d'un mobile placé dans un milieu fluide s'obtient par l'éjection d'une certaine quantité de mouvement dans le sens opposé à celui qu'on veut imprimer. Cette projection de quantité de mouvement vers l'arrière peut s'obtenir soit en empruntant au mobile une partie de sa masse, soit en aspirant une certaine quantité d'air à l'avant du mobile et en la rejetant vers l'arrière à une vitesse plus élevée. D'où les deux grandes classes de propulsion par réaction:

- a) sans utilisation de l'air ambiant,
- b) avec utilisation de l'air ambiant.

Les avions dits à réaction remplaçant de plus en plus les avions à hélice.

P. ENERGIE HYDRAULIQUE

Généralités

Les moteurs hydrauliques sont les machines qui utilisent directement l'eau comme agent producteur du mouvement.

L'eau agit par l'effort qu'elle exerce sur les parties du récepteur au contact desquelles elle s'écoule. La masse liquide arrive dans le récepteur avec une certaine énergie; elle en abandonne une partie dans l'appareil qui le transforme en travail utile, et un moteur hydraulique bien établi sera celui qui utilisera la plus grande partie de l'énergie disponible.

L'aménagement d'un récepteur hydraulique comporte toujours un canal d'aménée et un canal de fuite dans lesquels les mouvements s'effectuent d'une façon régulière par filets rectilignes et parallèles, de sorte que dans l'étendue d'un plan normal (1) aux trajectoires qui suivent les molécules liquides, le régime des pressions est sensiblement celui de l'hydrostatique - c'est-à-dire que, dans une section découpée au sein du liquide par un pareil plan, la pression croît proportionnellement à la profondeur.

Un récepteur hydraulique est installé généralement aux points où un cours d'eau présente une brusque dénivellation: l'action de la pesanteur (2) qui s'exerce alors sur la masse liquide pendant sa chute a pour effet d'augmenter l'énergie disponible. Les chutes d'eau sont naturelles, ou artificielles. Les premières sont fréquentes en pays de montagne, près de la source des fleuves. Les secondes s'obtiennent soit en barrant un cours d'eau à l'aide d'une digue établie au fond de la vallée, soit en pratiquant une dérivation totale ou partielle et en construisant un lit artificiel avec une pente minimum, de façon à conserver la plus grande hauteur de chute au

(1) En géométrie, normal = perpendiculaire.

(2) Pesanteur = action attractive qu'exerce la terre sur les corps matériels

cours d'eau. Quoi qu'il en soit, avant et après son passage dans le récepteur, le cours d'eau est encaissé dans des canaux appropriés, qui constituent les deux biefs (1), le bief d'amont et le bief d'aval qui sont destinés à régulariser l'écoulement.

Des vannes convenablement disposées permettent de régler à volonté la distribution de l'eau.

Calcul de la puissance d'une chute

Un litre d'eau tombant d'un mètre de hauteur fournit un travail de un kilogrammètre.

La puissance d'une chute étant le produit du débit par la hauteur de chute, les deux premières conditions à remplir pour qu'un site soit intéressant, c'est qu'il y ait à la fois beaucoup d'eau et une grande hauteur de chute.

Une troisième condition, c'est que, pendant toute l'année le débit soit aussi uniforme que possible. S'il n'y a de l'eau en quantité appréciable que pendant une partie du temps, il faut aménager des réservoirs de régularisation.

Roues hydrauliques

Ce sont des récepteurs qui utilisent le travail moteur fourni par une chute ou un courant d'eau.

On distingue:

- 1° Les roues en dessous: ce sont les roues qui reçoivent l'eau bien au-dessous de leur centre. Type: roue à palettes planes.
- 2° Les roues en dessus: ce sont celles qui reçoivent l'eau à leur partie supérieure - type: roue à augets.

Turbine

Récepteur hydraulique à mouvement de rotation rapide, sur lequel l'eau agit par pression en perdant sa vitesse sur des surfaces courbes convenablement disposées.

La turbine présente de nombreux avantages sur les roues hydrauliques, et notamment:

- 1° sa rotation rapide;
- 2° son petit volume pour de grandes forces;
- 3° son rendement élevé qui dépasse toujours 70 % du travail moteur fourni par l'eau et dépasse parfois 80 %;

(1) Bief ou Biez = canal de dérivation qui conduit les eaux d'un cours d'eau vers une machine hydraulique. On appelle buse, le canal qui amène l'eau d'un bief (de moulin) sur la roue.

- 4° son accommodation à tous les débits, depuis quelques litres par seconde jusqu'à plusieurs mètres cubes;
- 5° son accommodation à toutes les hauteurs de chute depuis 40 cm jusqu'à plusieurs centaines de mètres;
- 6° sa position sous l'eau qui lui permet de travailler pendant les gelées.

Exemple: le site d'Inga

Ce site du Congo possède une série d'avantages naturels qui permettent de l'aménager comme source particulièrement puissante d'énergie hydraulique:

- 1° Débit du fleuve Congo: 45.000 m³/secondes (Amazone 100.000 m³/s; Mississipi et Gange: entre 15 et 20.000 m³/s; Meuse: 300 m³/s).
- 2° Hauteur de chute: 100 m sur 25 km, soit 4 mètres par kilomètre (autres fleuves: en général 20 centimètres par km).
- 3° Uniformité du débit, parce que le fleuve coule dans les deux hémisphères: la saison sèche du nord coïncide avec la saison humide du sud et vice-versa.
- 4° La configuration du terrain est particulièrement favorable à la construction d'un chenal (qui débouche dans la vallée de la Bundi, affluent du Congo) et de deux barrages.
- 5° On estime qu'il serait possible de libérer une puissance de 30 millions de kw au prix de 5 centimes le kilowatt-heure.

4. ENERGIE EOLIENNE

Généralités sur les moteurs éoliens

Le vent possède une force qu'on a cherché de bonne heure à utiliser pour accomplir un travail mécanique. L'origine des moulins à vent semble en effet remonter à la plus haute antiquité.

La force que fournit le vent n'est constante ni en grandeur ni en direction, mais elle a le grand avantage de fournir une source gratuite d'énergie. A cause de ces variations, les moteurs éoliens ne peuvent convenir à la commande directe d'une machine qui a besoin de régularité dans son mouvement; mais on peut emmagasiner l'énergie qu'ils fournissent d'une façon intermittente, de façon à avoir une nouvelle source qui pourra donner un travail régulier, par exemple en élevant de l'eau, en comprimant de l'air, en produisant de l'électricité; on a même élevé du sable fin, que l'on faisait ensuite, au moment opportun, tomber sur les palettes d'un nouveau moteur.

Plusieurs pays possèdent de nombreuses éoliennes (à moteurs simples actionnés par le vent) qui assurent non seulement l'alimentation en eau, mais aussi parfois la fourniture d'énergie électrique. Au stade artisanal, le problème apparaît techniquement résolu. Il n'en est pas encore de même au stade industriel: mais les études se poursuivent, encouragées par les progrès de l'aérodynamique.

On peut classer les moteurs éoliens en deux groupes, suivant la position de leur axe de rotation; si cet axe est horizontal ou voisin de l'horizontale, les moteurs portent le nom de moulins à vent, si l'axe est vertical, ce sont des panéones.

Moulins à vent

Les moulins à vent sont peu employés actuellement à cause de l'irrégularité et de l'incertitude de leur fonctionnement et de leur faible puissance.

En effet, ils ne travaillent d'une façon normale que lorsque le vent a une vitesse de 5 à 8 m par seconde et ils ne peuvent donner pratiquement - dans nos régions - que 100 à 120 jours de travail par an. Pour des moulins bien exposés on peut espérer 150 à 160 jours, alors qu'en Hollande on compte jusqu'à 280 jours par an.

La force des moulins varie de 1/4 à 3 ou 4 chevaux-vapeur.

H. ENERGIE DE LA MER

a) Energie marémotrice

Les eaux de l'océan changent périodiquement de niveau. Ce changement, qui n'est pas sensible en pleine mer parce qu'on manque de points de repère, s'observe facilement sur les côtes (à l'aide du marégraphe, c'est-à-dire du marémètre enregistreur).

On pourrait utiliser l'énergie hydraulique procurée par la différence de niveau entre la marée basse et la marée haute.

A marée haute, le flux remplit un bassin que l'on videra à basse marée. L'eau en mouvement pourrait actionner une turbine. En général, les frais d'établissement sont élevés pour une dénivellation faible et une utilisation intermittente des turbines ou des moulins. Au siècle dernier P. Tommasi a proposé d'employer le flux à comprimer de l'air dans de vastes réservoirs. Ensuite, cet air peut actionner un moteur.

Il y a quelques années on a envisagé de barrer l'estuaire de la Rance (France) par une digue-tunnel de 750 m de long qui contiendrait 30 groupes de 7.000 kw de puissance unitaire, capables d'utiliser les dénivellations dues à la marée entre la mer et l'estuaire barré par la digue. Les turbines sont capables de fonctionner dans les deux sens, donc même pendant les périodes de remplissage du réservoir.

D'autre part, les groupes peuvent également fonctionner en pompe et utiliser de l'énergie en heures creuses.

b) Energie maréthermique

Dans les régions tropicales, l'eau de la mer est à 30° en surface et à 4° vers 200 m de profondeur. En vertu du principe de Carnot, il est possible de faire fonctionner un moteur lorsque la température de l'eau du générateur est supérieure à celle du condenseur. Si l'eau chaude n'est qu'à 30° il sera possible de la vaporiser sous faible pression.

C'est Georges Claude qui a proposé de réaliser un échange thermique entre les eaux tropicales chaudes et les mers polaires froides, en profitant de ce que, dans les océans, les eaux polaires froides arrivent en profondeur sous les eaux tropicales chaudes. Ces deux masses sont en perpétuel renouvellement (grâce à l'énergie solaire) et la source d'énergie est donc inépuisable.

La centrale d'Abidjan comporte un puissant tuyau de 2,50 m de diamètre par lequel on pompe l'eau froide à 430 m de profondeur. L'eau superficielle qui a la température de 30° est transformée en vapeur sous basse pression. Cette vapeur actionne une turbine de 14 m de diamètre qui fait tourner une dynamo de 14.500 kw.

Il est envisagé d'établir des centrales flottantes situées non pas à la surface de l'océan mais entre deux eaux, à une vingtaine de mètres de profondeur.

A. Caquot a proposé de bâtir les centrales sur des icebergs artificiels.

I. ENERGIE GEOTHERMIQUE

Le noyau du globe terrestre, formé de roches en fusion, constitue une réserve d'énergie que l'on peut considérer comme inépuisable. En fait, jusqu'à présent, elle est peu accessible.

Les géologues ont cherché à préciser le degré géothermique du sol, ou profondeur verticale qu'il est nécessaire de franchir pour augmenter de 1° la température d'un point donné. Les différences constatées dans les mines sont grandes, de 16 à 46 mètres. On admet généralement comme degré moyen 33 mètres.

En se basant sur ce degré moyen on peut attribuer à l'écorce terrestre une lithosphère d'une épaisseur moyenne de 40.000 à 50.000 mètres. Mais le chiffre réel doit être inférieur, car il ne s'agit là que d'une moyenne. C'est ainsi qu'à 4.000 mètres de la surface du globe la température sera voisine de 0° si elle est rapprochée d'un fonds de mer et pourra atteindre + 125° en terre ferme.

Les manifestations les plus spectaculaires de l'énergie géothermique sont les éruptions volcaniques. Elles sont trop violentes pour être utilisées par l'homme.

Dans les régions de volcanisme finissant ou endormi, on pourrait envisager l'exploitation de la chaleur résiduelle des roches telle qu'elle se manifeste dans les sources thermales chaudes, dont le débit est malheureusement faible.

Les sources thermales proprement dites sont d'origine volcanique, en ce sens qu'elles sont à rattacher à l'ancienne activité éruptive de la région. Leur jaillissement se fait tumultueusement et avec des soubresauts brusques.

Les sources géothermales doivent leur température au degré géothermique: ce sont des sources chaudes.

Les geysers sont des sources jaillissantes qui par intermittence, lancent des gerbes d'eau chaude et même bouillante.

Les suffioni ou soufflards dérivent de l'activité volcanique: dégagements de vapeurs d'eau, entraînant de l'acide borique, à 105 - 120° de température (Toscane).

Citons une réalisation unique au monde; les centrales installées à Larderello (Toscane) délivrent plusieurs centaines de milliers de kilowatts en utilisant la vapeur souterraine des suffioni (température de 200°).

Le Français G. Claude a montré que l'on pouvait utiliser la chaleur latente des roches profondes de l'écorce terrestre. En refroidissant 1 m³ de roches de 10° en un an on pourrait réchauffer de 50° un débit de 3 m³ d'eau par seconde et obtenir ainsi 3.000 kw pendant un an.

III - ELECTRONIQUE - AUTOMATION - CYBERNETIQUE

A. ELECTRONIQUE

Electronique

L'Académie française a admis, en 1932, l'adjectif électronique: qui est relatif aux électrons.

Substantivement, électronique, se dit d'une théorie expliquant la conductibilité électrique des métaux en admettant dans ceux-ci le cheminement d'électrons, sous l'influence d'un champ électrique.

L'électronique est donc la science des électrons. C'est une partie de la physique qui traite de la composition de la matière et de l'atome.

L'électron

L'atome est constitué par un noyau, chargé positivement, autour duquel gravitent les électrons.

L'électron est la particule élémentaire d'électricité. Il en existe deux sortes: l'électron proprement dit qui est négatif (négaton) et l'électron positif (positon). L'électron ordinaire se sépare facilement de tout support matériel (rayons cathodiques, rayons β , etc.) par contre, le positon est solidement attaché à la matière.

Electronvolt

L'énergie des électrons se mesure en électronvolts.

L'électronvolt (eV) est l'énergie acquise par un électron quand il traverse une différence de potentiel de 1 volt. On utilise couramment ses multiples, le kiloélectronvolt (keV) qui vaut 1.000 eV, le mégaélectronvolt (MeV) qui en vaut un million et le téraélectronvolt qui en vaut un milliard.

Expérience d'Edison

En 1884, Edison disposa une plaque métallique supplémentaire dans la lampe à vide à incandescence, plaque reliée à la borne positive de la batterie qui chauffe le filament. Il constata alors qu'un milliampèremètre placé dans le circuit de cette plaque déviait. Donc, un courant passait à travers le vide de l'ampoule. C'étaient des électrons, libérés par la haute température du filament qui s'échappaient et parvenaient à la plaque positive qui les attirait.

La diode

La diode est le plus simple des tubes électroniques: c'est une ampoule d'Edison avec un filament incandescent opposé à une plaque métallique. Lorsque la plaque est portée à un potentiel positif par rapport au filament, un courant passe dans le circuit plaque.

Si l'on alimente la plaque par une source alternative, le courant ne passe que lorsque la plaque est positive par rapport au filament, c'est-à-dire lors des alternances positives de la tension alternative. On réalise ainsi un redresseur.

L'électrode émissive (filament de tungstène ou de tungstène thorié) ou source d'électrons est appelée cathode. La plaque est appelée anode.

La triode

En 1907, l'ingénieur américain Lee de Forest s'aperçut que l'introduction d'une grille polarisée entre la cathode et l'anode permettait de modifier le fonctionnement du tube auquel il donna le nom de triode.

La grille commande le flux des électrons qui vont de la cathode à l'anode: une faible variation de sa tension peut se traduire par une différence importante du courant dans le circuit plaque. Ce phénomène est le point de départ du développement des télécommunications.

Tétrade et pentode

La lampe à deux grilles ou bigrille fut inventée en 1913 par Langmuir. En 1915, Schottky créa la lampe à grille-écran appelée tétrade. Dès 1926, Tellingén proposa d'introduire une troisième grille dite grille d'arrêt.

Tubes à gaz

Contrairement aux tubes à vides (décrits plus haut), ils renferment une atmosphère à faible pression. Ces tubes sont de différents types. L'intérêt des plus perfectionnés réside dans la possibilité qu'ils offrent de contrôler des courants importants, tout en les redressant. On peut ainsi contrôler jusqu'à plusieurs milliers de kw ce qui permet leur utilisation dans l'industrie.

Les semi-conducteurs

Ce sont des corps qui, du point de vue de la conductibilité électrique, se situent à mi-chemin entre les isolants et les conducteurs. Le passage du courant dans un semi-conducteur n'obéit pas à la loi classique d'Ohm comme les conducteurs usuels (cuivre, fer, etc.).

Les mieux connus et les plus utilisés sont le germanium et le silicium.

On a créé des diodes au germanium et au silicium.

Ces tubes peuvent fonctionner à une température assez élevée. On

s'oriente vers le remplacement des redresseurs secs ou à gaz, par des diodes à semi-conducteurs, moins encombrantes et plus durables.

Miniaturisation des semi-conducteurs électriques

La diminution constante du volume des semi-conducteurs est une des réalisations les plus spectaculaires de l'industrie électronique actuelle.

Après les tubes à vide, les diodes à semi-conducteurs ont fait leur apparition. Les semi-conducteurs, silicium, germanium ou autres, tirent leur nom des corps qui présentent la particularité, lorsqu'on y incorpore environ un millionième d'impuretés (fort souvent de l'arsenic), d'être conducteurs d'électricité dans un sens et non dans l'autre, faisant fonction de véritables valves pour le courant électrique. Ils offrent, sur les tubes à vide, de nombreux avantages: faibles dimensions, fonctionnement aux températures extrêmes, insensibilité aux vibrations.

Il y a quelques années déjà, des diodes à semi-conducteurs étaient fabriquées en grande quantité sous forme de minuscules plaquettes de semi-conducteurs, scellées dans un tube de verre du diamètre d'une allumette et de 6 mm de long. Les nouvelles techniques de miniaturisation ont permis de ramener les diodes à des dimensions si minimes qu'un dé à coudre peut en contenir plus d'un millier.

Déjà satellites et missiles ont pu être ainsi équipés d'ordinateurs électroniques fort complexes et de volume réduit, tandis que, sur terre des machines-outils de faibles dimensions et des ustensiles de cuisine actionnés par du courant alternatif transformé en courant continu, grâce à des semi-conducteurs de la taille du petit doigt, sont en cours de réalisation. La miniaturisation a ouvert les portes de l'âge d'or de l'électronique.

Le transistor

C'est une invention révolutionnaire due à Bardeen, Shockley et Brattain.

Elle s'appuie sur le fait que, dans un cristal, les atomes sont disposés selon un réseau à mailles. Si la régularité des mailles est interrompue par une impureté, on obtient des effets de dissymétrie dans la conductibilité du courant et, par conséquent, la possibilité d'une détection. On produit ainsi des amplificateurs à cristal appelés transistors. Avantages du transistor: dimensions réduites (ce qui permet la "miniaturisation" des appareils), consommation faible, tensions faibles, faible dégagement de chaleur, peu de fragilité.

Cellule photo-électrique

La lumière est composée de grains d'énergie lumineuse appelés photons.

Supposons une ampoule vide d'air (ou contenant un gaz inerte à faible pression) dans laquelle se trouve une électrode métallique plane (cathode) et une grille (anode). Lorsque la plaque est éclairée, les photons lui arrachent des électrons, qui passent de la cathode à l'anode.

Les métaux alcalins et alcalino-terreux sont seuls sensibles à la lumière visible, le césium en particulier, fournit une réponse voisine de celle de l'oeil humain. D'où l'appellation d'oeil électrique donnée aux cellules photo-électriques.

La photo-conduction

Un semi-conducteur (comme le sulfure de cadmium) est un isolant à très basse température. Si on l'illumine, il devient meilleur conducteur. Si on a disposé un générateur à ses bornes, le courant augmente quand on l'éclaire.

Sur les électro-magnétiques: Hypothèse de Maxwell

En 1875, Maxwell proposa des hypothèses qui peuvent se résumer comme suit.

- Il doit exister un phénomène réciproque du phénomène électrique appelé induction (Oerstedt, 1819, Ampère 1820 et suiv.), c'est-à-dire qu'il serait possible de constater l'apparition d'un champ magnétique dans une région de l'espace où un champ électrique varie;
- Les champs électriques et magnétiques ne se manifestent pas immédiatement à une certaine distance du phénomène qui leur a donné naissance, autrement dit, il existe une vitesse de propagation de ces champs.

En 1887 Hertz démontre expérimentalement l'existence des ondes électro-magnétiques (ondes hertziennes).

Emission et réception des ondes

Un fil isolé auquel on applique une tension alternative à fréquence élevée, se comporte comme s'il présentait une fuite de courant vers la terre: il rayonne de l'énergie sous forme d'ondes radioélectriques (ensemble de champs magnétiques et électriques).

Un fil (récepteur) analogue (placé éventuellement loin du premier) reçoit les ondes: il est sujet à un phénomène d'induction (il se développe une faible tension entre ce fil et la terre, de même fréquence que celle du générateur émetteur d'onde. Son amplitude est proportionnelle à celle de la tension du générateur).

Longueur d'onde

Pour faire image, la longueur d'onde peut être comparée à la distance qui sépare les crêtes de deux vagues successives. Plus précisément, c'est le chemin parcouru par l'onde pendant une oscillation complète du système émetteur d'onde.

On obtiendra donc la longueur d'onde d'une émission en multipliant la vitesse de propagation des ondes (300.000 km par seconde) par la durée d'une période de haute fréquence. On peut aussi diviser 300.000 km par la fréquence ou nombre de périodes par seconde.

Principe de la télévision

On explore méthodiquement l'image à transmettre suivant des lignes parallèles horizontales, régulièrement espacées, en transmettant à chaque instant, par ondes, la luminosité ("brillance") du point exploré mesurée par une cellule photo-électrique. A la réception, un système projecteur synchronisé envoie sur un écran une tache de luminosité correspondante.

Le radar

(Radar: Radio Detection And Ranging = détection et localisation radio-électriques.)

Une onde radioélectrique est capable de se réfléchir sur un obstacle. En mesurant le temps d'aller et retour de l'onde, on peut connaître la distance de l'objet visé, en cherchant la direction dans laquelle la réception est la plus forte, on peut déterminer sa direction. Pour mettre un tel schéma en application il faut:

- augmenter la puissance de l'onde émise, sans quoi l'écho ne serait pas perceptible,
- diriger l'onde émise.

On obtient une augmentation de la puissance en faisant jouer des champs magnétiques dans un tube spécialement aménagé à cet effet, et appelé magnétron.

Divers moyens permettent de diriger les ondes: focalisateur (miroir paraboloidé), lentilles en matière isolante, réseau d'antennes émettant toutes en phase dans la direction perpendiculaire au plan de réseau.

L'image qui apparaît sur un écran radar peut être reprise en télévision.

L'existence du radar a fait naître une science nouvelle: la radio-astronomie.

Les accélérateurs d'électrons

La physique nucléaire, la médecine, la métallographie, les réactions photonucléaires, etc. réclament des électrons de plus en plus énergiques, possédant une grande énergie. A cette fin on a créé des accélérateurs d'électrons de divers types:

1. Générateurs à haute tension

On crée une différence de potentiel élevé entre une source (filament, canon à électrons) et une électrode. Le générateur électrostatique de Van de Graaff permet d'obtenir des tensions de l'ordre de 5 millions de volts.

2. Cyclotron

Les électrons circulent dans une enceinte vide d'air, en forme de tore, placée dans l'entrefer d'un électroaimant.

3. Synchrotron

Système analogue au bêtatron, mais accéléré par un champ électrique de haute fréquence.

4. Accélérateur linéaire

On utilise la technique du radar: guide d'onde composé d'un tube métallique muni de rétrécissements ou iris, dans lequel se propage une onde électromagnétique à très haute fréquence.

Microscope électronique

Un faisceau d'électrons accélérés traverse l'objet à étudier (qui doit être très mince); les électrons diffusés sont arrêtés par un diaphragme et le faisceau restant est agrandi par un système de lentilles électroniques puis projetés sur un écran fluorescent.

Le grossissement maximum du microscope optique est de 1.500 (et environ 4.000 en lumière ultraviolette), celui du microscope électronique est de plusieurs centaines de mille.

B. AUTOMATIQUE

a) Des différentes espèces d'automates

1° Automates mécaniques

On conçoit des dispositifs (types: automates de Vaucrassen au XVIII^e siècle; boîtes à musique; pianos mécaniques; etc.); un moteur (à ressort) met en mouvement des arbres à came, des bielles, des engrenages, des poulies, des tambours. Un programme peut être préétabli: arbre à came; tambour présentant des pointes ou des saillies; bande de papier perforé.

Les automates mécaniques sont apparentés à l'horlogerie.

2° Automates électromécaniques

Le moteur est électrique (ou mécanique); divers mouvements sont commandés par des courants électriques qui agissent sur des électro-aimants: horloges électriques; mécanismes divers de déclenchement (aiguillages, extinction et allumage d'ampoules électriques); mannequins articulés pour la publicité; et surtout machines-outils, comme les tours automatiques.

3° Automates électroniques

Leur rôle est de réaliser l'automatisation des tâches dans l'industrie.

L'électronique met à la disposition de l'industrie des appareils robustes, capables de supporter des tensions et des intensités élevées (microrelais et relais gâchés), les fréquences extrêmement basses et élevées, des puissances très faibles (microwatts). Or, toutes les grandeurs physiques se traduisent généralement en variables électriques. Les circuits sont surmontés en fait par une précision de 1 micron (1 millième de millimètre) pour les produits usinés.

b) Exemples d'applications diverses
de l'électronique dans l'usine

1. Surveillance des flammes (brûleurs à mazout);
2. Dispositifs de sécurité (actionnés par faisceaux lumineux);
3. Comptage et tri d'objets au défilé;
4. Réglage de la température des fours;
5. Programme sur ruban magnétique (du type de ceux utilisés pour les machines électroniques calculatrices): travail des tours et des machines-outils de précision, des laminoirs, particulièrement le laminage des feuilles très minces.
6. Chauffage électrique: la haute fréquence permet le chauffage des isolants dans la masse même, rapidement.
7. Usage étendu de la télévision industrielle: grâce aux caméras et aux écrans un seul opérateur peut surveiller tout un processus industriel (laminage, par exemple). La TV permet également la communication de différentes pièces (comptables, par exemple) sans transport du document.
8. Grâce à l'œil électrique, certaines machines (découpage, par exemple) peuvent exécuter le travail d'après "copiage" du plan à exécuter.
9. Grâce aux nombreux choix qui peuvent être obtenus en peu de temps (résultats d'analyses au cours d'un processus industriel, par exemple), l'électronique permet l'optimisation du travail, c'est-à-dire le choix de la tâche la meilleure au moment opportun.
10. L'appareillage électronique peut se contrôler lui-même et redresser ses propres erreurs: contrôle des épaisseurs, des longueurs, des températures, des quantités (pesée, comptage).
11. Enfin, l'électronique permet d'augmenter considérablement la sécurité du travail: signaux, optiques, acoustiques, auto-régulation des appareils, surveillance des températures, des pressions, des radiations, auto-freinages des systèmes en mouvement.

Dans les usines atomiques, caméras et écrans permettent de surveiller les phénomènes se déroulant dans l'enceinte que le rayonnement interdit aux opérateurs.

c) Machines à traiter l'information
ou cerveaux électroniques

Ces machines sont capables de traiter ultra-rapidement un nombre fort élevé d'opérations élémentaires

Les machines numériques utilisent des phénomènes qui ne présentent que deux états stables définis. Par exemple, un contact est ouvert ou fermé, un courant passe ou ne passe pas, une matière magnétique est aimantée dans

un sens ou dans l'autre. En conséquence, les machines arithmétiques n'utilisent pas le système décimal mais le système binaire (on compte par couple plutôt que par dizaine):

Décimal	Binaire
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101

Le système des deux possibilités doit être complété par un dispositif de stockage de l'information (appelé mémoire) qui la rend disponible au moment désiré.

Les deux possibilités (circuit électrique ouvert ou fermé) pourraient être réalisées théoriquement à la main ou par des électro-aimants mais ceci ne permettrait pas les vitesses désirables. On a donc utilisé les tubes électroniques, puis les semi-conducteurs et enfin les transistors.

La "mémoire" pourrait être réalisée par des relais, des tubes, des transistors. C'est une solution coûteuse. On a fait appel aux ultra-sons, ensuite aux tambours magnétiques, puis aux mémoires à "ferrites" (alliages susceptibles de passer brutalement d'un sens d'aimantation à un autre).

C. CYBERNETIQUE

Qu'est-ce que la cybernétique ?

Le mot a été créé, en 1943, par N. Wiener: du grec Kubernêsis, pilotage.

Il s'agit de l'étude du fonctionnement et du contrôle des connexions nerveuses chez l'animal, des transmissions électriques utilisées dans les machines à calculer modernes, des commandes électro-mécaniques (robots, cerveaux électriques, engins téléguidés, autoguidés, etc.).

Historique

En 1948, l'Américain Norbert Wiener écrivait, sous le titre Cybernetics, un ouvrage sur la technique des systèmes à commandes automatiques. Le mot fut ensuite appliqué d'une façon générale à l'étude de tous les systèmes asservis, depuis le simple régulateur de Watt jusqu'aux machines à calculer les plus complexes.

En faisant un rapprochement entre les machines asservies et le fonctionnement des réflexes, les biologistes ont élargi le sens du mot "cybernétique" pour montrer le parallélisme qui existait entre l'exécution d'un mouvement mécanique, assujéti à une "information" et l'exécution d'un réflexe, assujéti à une impression sensorielle.

Certains auteurs ont même extrapolé davantage en démontrant que les phénomènes sociaux, obéissant, eux aussi, aux "informations" pouvaient être étudiés comme des problèmes de servo-mécanisme et résolus par des machines mathématiques.

La cybernétique dans l'industrie

Tous les actes exécutés en fonction d'un but (et c'est le cas spécifique de tous les actes professionnels) relèvent d'un même schéma général, dont l'étude est le propre de la cybernétique, et que l'on peut dégager dans les travaux les plus divers.

En l'occurrence, ces actes consistent essentiellement en la collecte d'informations, par l'oeil du travailleur, transmises au cerveau qui crée un programme d'action réalisé grâce à l'énergie musculaire.

Aujourd'hui, on est en mesure de construire des organes des sens artificiels sous les espèces de capteurs capables de transformer en courant électrique les informations utiles pour un travail. Ce courant est envoyé vers un discriminateur, jouant le rôle de cerveau, qui commande l'action de la machine.

R o b o t s

On donne le nom de robot à la machine qui, outre le moteur grâce auquel elle travaille, est dotée d'un organe des sens (cellule photo-électrique par exemple) et d'un discriminateur lui permettant de diriger son travail.

La même formule, étendue à un atelier ou à une usine entière, représente l'image la plus complète de l'automation véritable.

IV - F O U R S

MATERIAUX DES FOURS

Un four comprend généralement trois parties distinctes, constituées par des matériaux différents:

- 1° Un revêtement réfractaire intérieur qui doit résister à l'action de la chaleur et à l'action chimique des matériaux chauffés;
- 2° Un massif solide, construit avec des matériaux moins coûteux et qui diminue les pertes de chaleur à travers les parois et par rayonnement (calorifugeage);
- 3° Une armature métallique pour consolider l'ensemble et empêcher sa dislocation sous l'action de la dilatation provoquée par la chaleur.

PRODUITS REFRACTAIRES

Les substances utilisées pour les revêtements réfractaires sont: l'argile, la silice, l'alumine, certaines matières calcaires (chaux, silicate tricalcique), la magnésie, l'oxyde de chrome, le carbone (briques de coke) et le carborandum (SiC).

Le carbone est le plus réfractaire des corps connus; il se volatilise sans fondre à très haute température. Mais sa combustion facile en limite beaucoup les applications comme réfractaire.

CALORIFUGEAGE DU FOUR

On obtient un calorifugeage satisfaisant par la juxtaposition de deux éléments:

- 1° A l'extérieur du réfractaire une couche de briques de diatomite (silice très divisée et agglomérée par un liant argileux), matériau solide et résistant aux fortes températures;
- 2° A l'extérieur du massif, un matériau de haut pouvoir isolant, mais peu résistant, tel que aggloméré de kieselsol, amiant, laine de verre.

FOURS A GAZOGENE A RECUPERATION EXTERIEURE

Le type est constitué par des fours à combustible qui utilisent les gaz de gazogène ou de haut fourneau, les combustibles liquides (pétrole) et solides (bois et charbon).

L'un des fours les plus remarquables de ce type est le four Martin (associé au récupérateur de charbon Siemens). Il produit l'acier Martin. La sole de ce four est, le plus souvent, constituée par un pisé réfractaire en chromite, sur lequel on applique un revêtement basique en dolomie (1) (quand la fonte contient beaucoup de phosphore).

Le four de verrerie, utilisé pour la fabrication du verre à vitre, possède une sole réfractaire refroidie au-dessus de laquelle une couche de verre solide se forme, qui la préserve de l'attaque du verre liquide.

FOURS A RECUPERATION INTERNE

Dans ce genre d'appareil on cherche à retenir à l'intérieur du four toutes les calories. Les fours de ce type sont nombreux. Citons:

- Le four à ciment: son exemple de four à charbon pulvérisé, dont la combustion rapide et complète rappelle la combustion du gaz. Il est constitué par un cylindre presque horizontal, animé d'un mouvement de rotation autour de son axe (four rotatif);
- Le four à briques (Hoffmann) est constitué par une sorte de couloir formé sur lui-même, construit en briques réfractaires;
- Le four-tunnel: les matériaux se déplacent sur des wagonnets dont les soles jointives sont en réfractaires.

FOURS DIVERS

- Fours à flamme: apport de chaleur aux matières traitées au moyen des gaz chauds de la flamme. Le chauffage direct est appliqué dans les vieux fours à plâtre et dans les fours à chaux dits fours à flamme.
- Fours rotatifs: ils réalisent l'utilisation méthodique de la chaleur et la continuité des opérations (ex. voir plus haut: four à ciment).
- Fours à chauffage par rayonnement: le chauffage se fait principalement par le rayonnement de la voûte, qui devient par suite l'une des parties les plus importantes du four.

Exemples: fours à sole (voir four Martin, plus haut);

fours à chambres: le chauffage se fait à la fois par rayonnement de la voûte et des parois, et par contact direct avec la flamme.

- Fours à chauffage à travers une paroi: fours à cornue ou à moufle (en terre réfractaire), fours à chambre (également en terre réfractaire), fours rotatifs (cuisson du plâtre vers 300°; distillation de la houille à basse température, au-dessous de 600°).
- Fours à grille de pyrites: le four se compose d'une grande chambre dans laquelle des grilles horizontales sont disposées en chicane, et sur lesquelles ont fait circuler en sens inverse la pyrite et l'air. L'allumage

(1) Dolomie: carbonate naturel de chaux et de magnésie.

se fait au moyen d'un foyer latéral à charbon. La chaleur de combustion de la pyrite suffit ensuite à entretenir la température du four.

- Four à réverbère: tous les fours à sole dérivent du vieux four à réverbère, ainsi nommé parce que la chaleur de la flamme y est transmise par la réverbération, le rayonnement de la voûte du four.

FOURS ELECTRIQUES A RESISTANCE

1. Fours électriques à résistance: On utilise des résistances (portées à l'incandescence par le courant électrique) en nickel-chrome disposées en lames ou en boudin, tapissant le mieux possible l'intérieur du four (construit en briques silico-alumineuses, entourées d'une couche d'amiante).
Température: au maximum 1.000° ou 1.100°.
2. Fours à arc: L'arc électrique éclate entre des électrodes en charbon ou en un métal refroidi intérieurement. Température: 1.800°. Ces fours produisent l'acier électrique.
3. Fours à induction: (courant alternatif)
 - Fours à basse fréquence: ce sont des transformateurs avec noyau de fer.
 - Fours à haute fréquence, sans fer: on y utilise les courants de Foucault dans la masse à chauffer, ou le phénomène dit perte diélectrique.

CHARACTERES DES OPERATIONS EFFECTUEES DANS LES FOURS

- Cokeries: distillation de la houille.
- Métallurgie:
 - a) Fusion: c'est la méthode principale de préparation des alliages. laiton, aciers spéciaux;
 - b) Fusion et affinage: convertissage de la fonte en acier (convertisseur Bessemer ou Thomas; four Martin) en brûlant les impuretés plus oxydables dans le métal ou l'alliage liquide.
 - c) Trempe (fours de trempe, généralement électriques): refroidissement brutal d'un métal chauffé (acier trempé).
- Verrerie: Décomposition et combinaison chimiques.
- Terres cuites: Déshydratation et ensuite combinaison des oxydes. Les terres cuites sont d'autant plus réfractaires qu'elles contiennent plus de silice.

V - EQUIPEMENT DES TRANSPORTS

A. TRANSPORTS PAR ROUTE

I - La route

Établissement d'une route

L'établissement d'une route comprend, en premier lieu, l'étude du tracé, la détermination de son profil, l'exécution des terrassements (remblais ou déblais) et, enfin, la construction de la route proprement dite.

Le profil en long doit tenir compte de la déclivité (pente) qui doit être aussi douce que possible.

Pour le profil transversal, on adopte normalement le profil convexe, avec toutefois un peu accentué, suffisant pour l'écoulement des eaux.

La largeur des chaussées doit être calibrée en tenant compte non seulement du gabarit transversal des voitures (2 m 50) mais aussi de celui qu'une voiture rapide exerce en "tenant d'air horizontal" au-dessus d'une voiture lente de même largeur. Le gabarit de la route sera le 3 ou multiple de 3 mètres (au minimum).

Les courbes et virages doivent être aménagés avec soin; les accotements herbés seront légèrement surélevés.

La signalisation routière doit être aussi complète et aussi apparente que possible. Observons par ailleurs qu'il existe un accord international sur la signalisation routière qui a permis la standardisation des signaux utilisés dans plusieurs pays.

Le revêtement des chaussées

La dislocation du sol est produite par les roues des véhicules automobiles. Les roues atteignent d'abord la surface, puis ébranlent et dispersent les matériaux du corps même de la chaussée.

Le remède réside dans une meilleure agglomération de ses éléments, et dans une surface, soit en profondeur. Tel est l'objet de tous les systèmes de revêtement modernes, dont l'efficacité est en rapport direct avec la profondeur de l'effacement des matériaux.

Le revêtement de la chaussée, en raison du roulage et du développement qui consiste à faire passer l'automobile, doit être particulièrement solide, l'usure doit être évitée, et l'emploi de matériaux divers, dont les principaux sont les pavés (devenant trop coûteux), le macadam ordinaire formé de pierres concassées ou cassées au rouleau compresseur, et souvent améliorées par un enduit

superficiel comme le goudron, le tarmacadam - qui se compose aussi de pierres concassées et roulées, mais que l'on enrobe d'abord mécaniquement dans du goudron -, le béton.

Il y a deux classes de chaussées à revêtement superficiel à base de ciment: le béton de ciment en une ou deux couches, et le macadam mortier, macadam ordinaire dans lequel la matière d'agrégation est remplacée par du mortier de sable et de ciment.

Le mot asphalté désigne généralement les roches calcaires imprégnées de bitume. Pulvérisées, chauffées et comprimées ces roches sont employées depuis longtemps dans le revêtement des rues de certaines grandes villes.

Rappelons que, dès l'antiquité (Égypte, Babylone, Assyrie) on se servait de l'asphalte de lac (lac Asphaltite, mer Morte) pour faire des dallages imperméables, et comme ciment. En 1838, le premier trottoir bitumé fut exécuté à Paris avec la roche asphaltique de Seyssel (dans le département de l'Ain). La première chaussée en asphalté fut établie en 1854, à Paris, rue Bergère.

Actuellement, on utilise principalement l'asphalte comme support d'un tapis antidérapant fait d'une mixture asphaltique. On exécute, sous le nom de dallages mixtes, des revêtements en poudre d'asphalte comprimée de 0,045 m d'épaisseur, dont on recouvre la surface avec un badigeon de bitume asphaltique chaud, dans lequel on enchâsse des gravillons de porphyre préalablement enrobés de bitume et cylindrés.

Le silicate de soude est parfois employé pour agglomérer des empierrements faits de pierres calcaires.

Quant au pavage en bois, très cher, mais confortable, insonore et agréable pour le roulage, il exige un entretien et un nettoyage extrêmement soignés.

Signalons enfin que les Pays Bas utilisaient couramment un pavage composé de briques. Toutefois ce système tend, actuellement, à être remplacé par l'asphaltage.

Le revêtement des routes a toujours posé des problèmes techniques, mais, à notre époque, la situation s'est compliquée par l'intensité du trafic automobile.

Il faut tenir compte, notamment, des éléments suivants:

- 1°. Le climat: ensoleillement (action sur le bitume par exemple); pluie (affouillement, dérapages); gel; variations extrêmes de la température.
- 2°. Le sous-sol: nature du sol sur lequel on établira l'assiette de la route (roche, sable, terre meuble, tourbe, etc.).
- 3°. La nature du trafic: tourisme, poids lourds, matériel militaire, etc.
- 4°. Les qualités recherchées: route très solide, particulièrement antidérapante, etc. Elles sont fonction du climat et de la nature du trafic.

- 5°. L'urgence plus ou moins grande des travaux: la pose de certains revêtements demande plus de temps que celle d'autres types.
- 6°. Enfin, ne négligeons pas le prix de revient, qui peut dicter le choix du matériau.

Une route durable: la chaussée romaine

Les voies romaines de la Belgique étaient du genre de celles appelées *vine stratae*, différentes des *vine silice stratae*, en ce que ces dernières, comme la *via Appia* et la *via Flaminia*, à Rome, étaient pavées en grandes pierres irrégulières, mais assemblées avec précision. Les premières, au contraire, se composaient d'une ou plusieurs couches de gravier, auxquelles était superposé un pavement, formé de cailloux ou de pierres de toutes dimensions, appelé *summa crusta*. Ces routes n'ont pas plus de six ou sept mètres de largeur, mais elles sont, autant que possible, tirées au cordeau et dirigées sur les plateaux ou à mi-côte des hauteurs.

Pavage et pavé au XIXe siècle

Le premier de ces mots désigne l'action de paver, ou l'ouvrage fait avec des pavés; le second s'applique aux cailloux, aux morceaux de grès, et, en général, à tous les matériaux qui servent à paver.

Les chaussées se divisent en deux classes suivant leur mode de construction, ce sont: 1° les chaussées pavées, 2° les chaussées en empierrement. Les premières sont construites avec des matériaux de formes régulières mais assez volumineux pour être stables et être posés en biais ou bien les uns à côté des autres. Les secondes, au contraire, sont construites avec des matériaux irréguliers, qui n'ont de cohésion entre eux que celle produite par leur enchevêtrement résultant d'une pression ou d'un choc.

Un bon pavage doit satisfaire aux conditions suivantes:

- 1°) il doit être disposé de manière à s'opposer aux infiltrations des eaux qui pourraient venir affouiller le sol sur lequel on l'a placé,
- 2°) il doit être composé d'une matière dure, susceptible de résister aux chocs et aux frottements auxquels il sera exposé par suite du passage des voitures,
- 3°) enfin, sa surface ne doit être ni trop unie ni trop raboteuse, et présenter seulement quelques aspérités destinées à servir de points d'appui aux pieds des chevaux.

Les matériaux que l'on emploie au pavage varient avec les localités où l'on se trouve. Toutes les pierres dures, indistinctement, peuvent être employées. Celles dont on fait le plus fréquemment usage sont: le grès, la meulière, le granite, le basalte, le porphyre, le schiste, la pierre calcaire, les cailloux roulés, etc.

Rappelons que les pavés en porphyre (de Quonast, Bierghes, Lessines) étaient réputés dans l'Europe nord-occidentale pour la constance de leurs qualités et pour leur résistance à l'écrasement et à l'usure. Les déchets servent pour le ballastage ou la confection des bétons.

Certains filons de quartz du massif porphyritique de «uenast ont été utilisés pour la confection de pavés blancs, pour la signalisation sur route.

Aujourd'hui, le pavé n'est pas abandonné mais - comme nous l'avons vu - son grand inconvénient en est le prix élevé. Souvent aussi, le pavé n'assure pas un roulement suffisamment doux aux véhicules automobiles, et, de plus, il n'est pas antidérapant. Plutôt que de repaver les rues, on les recouvre d'un mélange de bitume et de graviers que l'on cylindre, à chaud, au rouleau compresseur. Le petit pavé régulier convient encore à notre époque aux routes secondaires.

Le pavage des rues au moyen âge

Il ne semble pas - écrit l'archéologue Camille LEBLANC - que depuis les Romains jusqu'au XIII^e siècle on ait pris soin de paver les voies publiques. Rigard raconte comment Philippe-Auguste, incommodé de la puanteur des boues de Paris, força, en 1184, les bourgeois à paver les voies principales de la ville. Londres ne fut pavé qu'à la fin du XIII^e siècle, sous Edouard Ier; au XIV^e siècle, la plupart des rues de Paris, Troyes, Amiens et Douai, et probablement des autres villes étaient pavées; à Dijon, des travaux de pavage furent entrepris à grands frais dans toute la ville en 1393. Dans les comptes d'Albi, les pavés (perradas) n'apparaissent qu'en 1410. À Rouen, en 1406, toutes les rues, mêmes principales n'étaient pas encore pavées.

Le pavé a pu rester parfois formé de grandes dalles plus ou moins irrégulières, comme chez les Romains; à Paris, celui de Philippe-Auguste, dont on a plusieurs fois trouvé des vestiges, était formé de dalles carrées mesurant 1 m 50 de côté et 35 à 40 centimètres d'épaisseur; en 1306, on employait encore de grands carreaux de grès et de petits carreaux en pierre de biais du haut banc de Gentilly. A Térouane, on a trouvé de très petits pavés de grès, fort réguliers. A Douai, de 1325 à 1350, les caennais se contentaient d'enfoncer le pavé dans un lit de sablon; à Paris, on le posait à la façon romaine, sur un lit de ciment mêlé de tuile broyée; à Amiens, en 1406, on en faisait autant et, de plus, on passait cette poudre au tamis, on délayait le ciment dans une eau mêlée de tan pulvérisé, et l'on jointoyait le pavement avec un autre ciment mêlé de limaille de fer. A Boulogne, on a trouvé des restes de pavement en mortier mêlé de laitier ou machefer, et d'une profusion d'épingles de cuivre; de même à Rouen, le sous-sol des rues a conservé des couches d'un mortier ou béton très dur, mêlé de machefer, de parcelles de cuivre et d'os d'animaux. Les paveurs de Paris avaient des tombereaux, ceux de Douai des brouettes ainsi que des maillets à ceintures de cuir.

L'ancien pavé de la grand-place à Bruxelles

Écoutons ce que nous raconte G. DES MAREZ qui fut archiviste de la ville de Bruxelles:

"La Grand-Place était à l'origine un marécage qui s'étendait depuis l'Hôtel de Ville jusqu'à l'ancienne Boucherie.

"En 1911, la ville fit faire des travaux de canalisation, que nous suivîmes de près. A soixante-dix centimètres de profondeur nous trouvâmes

les routes à pavé, fait de gros roudats pointus. Plus bas, on passait toujours par des couches de sable superposées, nous découvrîmes en différents endroits, à une profondeur de l'm. 20 environ, un deuxième pavé fait cette fois, de gros moellons, originaires de notre sol, grossièrement équarris et posés directement sur la tourbe ou sur du bois, dont les ligaments s'étaient décomposés. Un peu plus tard, en 1913, il nous fut donné de retrouver le même pavé rue de la Pierre, presque en face de l'église St-Nicolas, mais à une profondeur un peu plus grande, à l m 40 environ.

"Ce pavé peut être considéré comme le pavé primitif de la Grand-Place. Il remonte certainement au XIIIe siècle, peut-être au XIe siècle, à l'époque où le marécage fut asséché et son ancien lit converti en marché".

17 - Le véhicule automobile

L'automobile

L'automobile est un véhicule muni d'un moteur de propulsion; c'est plus spécialement, une voiture mise en mouvement par un moteur à explosion alimenté par un carburant; par un moteur électrique actionné par des accumulateurs, par un volant gyroscopique, plus rarement par une chaudière à vapeur, et pouvant circuler librement sur les routes.

Examinons sommairement quelques parties essentielles d'une auto:

1. Châssis

La partie mécanique du véhicule automobile s'appelle le châssis. Il se compose d'un cadre métallique, sur lequel sont disposés les mécanismes. Le châssis comporte deux longerons reliés par des traverses, assemblés aux longerons par des équerres et des goussets (= plaques de tôles, généralement triangulaires, servant à des assemblages).

2. Moteur

Le moteur est l'organisme à qui l'on fournit de l'énergie thermique sous forme de combustible, et qui transforme cette énergie en mouvement. Ce sont les autres organes qui se chargent de transmettre le mouvement aux roues.

3. Carburateur

L'essence, mélangée à l'air dans un carburateur, forme un mélange carburé, qui introduit dans le moteur, explose. L'énergie thermique ainsi développée est transformée en énergie mécanique, utilisée par les roues du véhicule.

4. Embrayage

Il permet de transmettre le mouvement du moteur aux roues. Le débrayage supprime cette transmission.

Parmi les dispositifs modernes, signalons l'embrayage à disque de

lipide visqueux (huile) a par conséquent des électrolytes.

6. Boîte de vitesses

C'est l'ensemble des mécanismes que l'on interpose à volonté entre le moteur et les roues motrices suivant la résistance à vaincre, il faut démultiplier (par les engrenages) le mouvement et par conséquent la transmission.

La boîte permet de réaliser par certains nombres de vitesses différentes (trois ou quatre en général), en laissant tourner le moteur à la même vitesse de tours. Elle assure également la marche arrière.

7. Accélérateur

Le rôle de la pédale de l'accélérateur, qui est reliée au la direction, est de régler l'admission de mélange explosif et de l'accélérateur et les cylindres du moteur. On agit ainsi sur la vitesse du moteur.

8. Marche arrière

Il y a une pédale pour la boîte de vitesses qui introduit le véhicule pour arrière. Celui-ci est un contact (enveloppe le rétro) devant protéger certains mécanismes contre l'introduction de poussières, de corps étrangers) dont le bord qui est une sautoie dans le premier milieu de la boîte.

Deux arbres, à l'intérieur du contact, les arbres de la boîte, sont chargés de transmettre l'effet moteur.

9. Différentiel

Sur un virage, à gauche, par exemple, le roue gauche est freinée et pourrait même être immobilisée. Au contraire, la roue droite doit tourner d'autant plus vite que le virage est plus brutal et qu'elle a, en conséquence, un chemin plus grand à parcourir par rapport à celle qui fait l'intérieur.

Le différentiel permet aux deux roues arrière (ou avant dans la traction avant) d'être simultanément motrices même quand elles tournent à des vitesses différentes.

Dans la boîte de différentiel on trouve deux pignons coniques appelé directeur, liés chacun par l'arbre de roue correspondante. Ils sont guidés par les autres pignons coniques, appelé satellites, qui sont complètement indépendants des arbres de différentiel et qui agissent sur les roues.

10. Freins

Tout véhicule doit être pourvu de deux systèmes de freins indépendants: le frein à pied (pédale) et le frein à main (levier).

Quelques types de véhicules automobiles

Les autobus ordinaires ont un moteur à explosion, comme les automobiles (autos) et les motocyclettes (motos). Il existe des formes d'automobiles très variées, et parmi les voitures de tourisme, il y a différents types de carrosseries correspondant au goût de chacun (torpédo, coach, limousine, etc.).

Un grand nombre de transports de marchandises se font au moyen de camions ou de fourgons automobiles de divers modèles, qui acheminent de lourds chargements d'une ville à l'autre, des usines aux ports d'embarquement, et de ceux-ci aux usines.

Dans les camions-citernes, tout l'espace en arrière de la cabine est occupé par un grand réservoir permettant le transport des produits liquides tels que le pétrole, les produits chimiques et même le vin et le lait, que parfois on transporte aussi entre les fermes et les grandes laiteries.

Parmi les autres véhicules à destinations spéciales, on peut citer les voitures de déménagement, les camions d'entretien de la voirie (pour l'évacuation des ordures ménagères) qui sont entièrement fermés ou garnis de couvercles à glissières, les camions de secours automobiles qui portent à l'arrière une grue servant à soulever les véhicules endommagés (dépanneuses), les voitures de pompiers (autos-pompes) et les ambulances.

Les spécialistes de l'automobile dite industrielle ont été amenés, en raison des emplois particuliers qui lui sont imposés, à créer tout une gamme de véhicules, qui va de la camionnette 750 kg de charge utile au camion de 7 tonnes et parfois plus, en passant par les tracteurs remorquant de lourdes charges à travers tous les terrains.

Les transports en commun des voyageurs s'adressent aux autobus, aux cars et, aussi, aux autorails qui sont de véritables cars sur rail.

L'autochenille est un véhicule automoteur utilisant, pour se mouvoir, une large bande continue (appelée chenille) qui s'interpose entre les roues et le sol.

Signalons aussi le matériel militaire: autoblindé, auto-canon, char de combat, char d'assaut (ou tank), chenillette, etc.

III - Possibilités offertes à l'appareillage électronique dans la circulation routière automobile

1. Surveillance de la route (cellules photoélectriques et transistors) comptage du trafic, dépistage des excès de vitesse.

2. Réglage du rétroviseur permettant d'écartier de l'oeil du conducteur les rayons réfléchis.

3. Commande automatique des pharos (par le faisceau lumineux des pharos des autos qui roulent en sens inverse).

4. Guidage de sécurité des fils conducteurs, enterrés dans le sol de la route, allument des signaux lumineux de sécurité, le long de la route à l'approche de l'auto.

5. Allumage électronique qui permet d'obtenir une étincelle très chaude, en bas régime, éclatant entre électrodes circulaires (et non plus des pointes métalliques qui s'encrassent).

6. Surveillance de la route, derrière le véhicule, par écran TV placé sous les yeux du conducteur.

7. Radar anti-collision monté sur la voiture; il règle le marche et même stop le véhicule selon les obstacles rencontrés.

B. TRANSPORTS PAR CHEMIN DE FER

I - Matériel de transport

Wagons (de marchandises)

Le wagon normal en Europe est le wagon sur deux essieux portant de 10 à 20 tonnes. Le wagon sur bogies, portant de 30 à 60 tonnes, était exceptionnel avant 1914.

Aux Etats-Unis on a poussé la capacité jusqu'à 110 tonnes.

Il existe plusieurs catégories de wagons. Le wagon-plate-forme est plat, avec bords de 0 m 20 à 0 m 40 pouvant être rabattus. Le wagon-tombereau peut être bûché, il a des bords relevés de 1 m à 1 m 50, avec portes latérales. Quant au wagon couvert ou fermé, il est entièrement clos.

Parmi les wagons spéciaux, citons: les wagons-citernes ou wagons-foudres (pour les liquides, vin, pétrole, huile lourde); les wagons frigorifiques, avec calfeutrement calorifuge pour le transport du poisson et de la viande.

Aux Etats-Unis d'abord, ensuite en Angleterre et puis sur le continent, s'est développé l'emploi des containers, c'est-à-dire de caisses amovibles, fermées, pesant, chargées, de 4 à 5 tonnes, qui circulent successivement sur wagons plats et sur camions.

Les Chemins de fer Belges mettent à la disposition de la clientèle 4 catégories de containers soit:

Type A d'une contenance de 1 m³ à 1,2 m³
Type B " " 1,2 m³ à 2 m³
Type C " " 2 m³ à 5 m³
Type D chargeant 5 tonnes et étant soit ouvert, soit fermé.

Voitures à voyageurs

Les voitures sont à compartiments ou à couloir. L'intercirculation entre les voitures est assurée par des soufflets. Précédemment la caisse

était en bois le chêne ou le hêtre, mais de plus en plus on utilise un matériel, entièrement métallique (acier, duralumin). La tendance générale est d'augmenter la solidité, la stabilité et le confort.

Le Belge Georges Nagelmackers fut le véritable créateur de l'industrie des wagons-lits en Europe. En 1873, au retour d'un voyage d'étude en Amérique, il fonda à Liège une compagnie de wagons-lits, qui fut remplacée, le 4 décembre 1876 par la Compagnie Internationale des Wagons-Lits, dont le siège fut fixé à Bruxelles.

Le wagon-lit, qui permet de supporter les fatigues d'un long voyage, appelle un complément: le wagon-restaurant, attelé aux trains de jour. On appelle pulmann-car ou, plus simplement pulmann (du nom de l'ingénieur américain Georges Pulmann 1831-1897) une voiture de luxe (on prononce poulmann).

Notons que la Belgique s'est toujours classée parmi les plus importantes constructrices de matériel roulant.

II - Motricité et Traction

Locomotives à vapeur

Elle comprend trois parties principales:

1°) La chaudière, où se produit la vapeur sous pression. Elle se compose du foyer, du corps cylindrique, du faisceau tubulaire, de la boîte à fumée et de la cheminée. Dans les locomotives à surchauffe de vapeur, la chaudière est complétée par un surchauffeur, constitué par des tubes, parcourus intérieurement par la vapeur et logés dans des tubes spéciaux du faisceau tubulaire, de gros diamètre, dans la partie supérieure du faisceau.

2°) Le mécanisme ou machine à vapeur proprement dit. Il est toujours constitué, si l'on excepte quelques essais de machines à turbine, par une machine à piston sans condenseur.

3°) Le véhicule, comprenant le châssis et les roues, qui servent à porter l'ensemble et à utiliser l'effort moteur du mécanisme transformé en effort de traction.

Sur les essieux, sont calées les roues. Les unes sont simplement portouses, d'autres sont en même temps motrices: ce sont celles qui sont attaquées par le mécanisme ou accouplées, et dont l'adhérence au rail produit le déplacement de la machine.

On trouve le mécanisme de traction appliqué à un système de trucks supportant les locomotives, les wagons, et supportant les essieux de roues parallèles sur les essieux à deux et quatre roues.

Motricité à moteur à combustion interne (Diesel et V. Diesel)

Le moteur utilise directement la combustion d'huile dans le cylindre. On trouve le Diesel, surtout à l'étranger, et spécialement employé.

Il est à noter que la supériorité de ces machines réside surtout dans le calcul élevé de leur rendement global et dans la possibilité d'exploiter une mise à l'échappement immédiate.

Quant aux moteurs Diesel utilisés, ce sont, la plupart du temps des moteurs à quatre temps. Ils sont munis d'une petite turbine de suralimentation, utilisant les gaz d'échappement comme fluide moteur.

Le moteur Diesel entraîne deux génératrices électriques: la première alimente les moteurs électriques de traction de la machine, la seconde est une génératrice auxiliaire.

Les termes "Traction Diesel-électrique" doivent donc s'employer de préférence à "Traction Diesel".

Locomotive électrique

La traction électrique a été une des premières applications de l'électricité. En 1879, dix ans après l'invention de la machine de Gramme, apparaissait le premier engin électrique sur rail, le petit chemin de fer de l'Exposition de Berlin.

Depuis lors, la traction électrique s'est considérablement développée, avec les tramways tout d'abord, puis avec les réseaux ferrés de chemin de fer et de métropolitain; elle s'est même étendue à la route avec les véhicules à accumulateurs et les trolleybus.

Notons que la locomotive à vapeur présente divers inconvénients. Outre la fumée, les dangers d'incendie, la nécessité d'emporter un approvisionnement important, elle a une puissance limitée, ce qui est un grave obstacle à l'accroissement du poids du train et à l'emploi des lignes à fortes rampes. Au contraire, la traction électrique, qui permet, avec une meilleure utilisation du combustible, d'obtenir des puissances trois fois plus élevées, n'a pas ces inconvénients. Aussi tend-elle à se substituer au premier mode de traction.

La locomotive électrique ne produit pas d'énergie; elle ne fait qu'utiliser celle que lui apporte le courant électrique du réseau de distribution, que capte la machine, soit au moyen d'un trolley pour les lignes d'alimentation aérienne, soit au moyen d'un patin dans le cas d'un rail conducteur au sol.

Une locomotive électrique se compose d'une caisse principale reposant sur des bogies ou trucks auxquels sont fixés les moteurs.

II - Appareillage électronique de surveillance dans la circulation ferroviaire

1. Manoeuvre des aiguillages et surveillance du trafic. La distance entre les aiguillages ne cesse de croître étant donné la possibilité de commander simultanément sur deux fils une grande variété de commandes, par impulsions codées, sans aucun trouble ou interférence.

2. Triaxe des bogues avec possibilité automatique (électromagnétique) des wagons de se retenir indéfiniment au leur réentrat.

3. Surveillance des passages à niveau par télévision.

4. Installation de 1 radio-téléphone sur les trains possibilité de se parler rapidement en communication avec les mécaniciens.

5. Détecteurs d'intrusion des boîtes d'essence. Le nouveau dispositif permet de détecter l'intrusion des boîtes d'essence des wagons vides d'être marqués sur l'ensemble des boîtes par appareil utilisant deux "têtes sensibles" à rayons infra-rouges, installées de part et d'autre de la voie ferrée et associées à un système d'émission, un amplificateur et les circuits à commande constants dans le logement d'essence. Le dispositif permet de détecter l'intrusion des boîtes d'essence est branché sur un système de limite de sécurité passe-à-niveau. Le détecteur, celui-ci émet un signal électrique au travers soit au mécanicien du train, soit au poste de signalisation, soit encore à un centre de contrôle. En outre, il est possible d'émettre un signal sonore du côté, et par conséquent un dispositif.

C. TRANSPORTS MARITIMES

I - Transports maritimes

a) Le littoral

Ouvrages de protection des côtes

Les côtes sont protégées par des ouvrages en certains points il y a souvent (c'est-à-dire pontons, épis, etc.) en direction du littoral (c'est-à-dire vers l'intérieur).

Dès que nous voyons d'édifier des installations le long du littoral, pour limiter les dégâts de la mer.

Les ouvrages naturels (caps, péninsules, etc.) situés en eau profonde, ne peuvent avoir ainsi aux navires tandis que les points, baies basses, limitant des baies peu profondes et largement ouvertes, peuvent présenter des abris excellents, où la houle est fortement atténuée (parce qu'elle a besoin de plus de temps pour se maintenir).

Les ouvrages artificiels qui sont appelés à limiter le mouvement au rivage sont, soit des jetées, soit des épis.

Les jetées sont destinées à protéger les ports, tandis que les épis sont destinés à protéger les côtes basses. Ils sont construits en maçonnerie.

Les ouvrages longitudinaux, les épis, sont destinés à protéger les côtes basses. Ils sont construits en maçonnerie ou en épis (ou briso-lames).

C'est la protection des côtes basses, situées à proximité du rivage qui a le rôle principal de limiter le mouvement des navires.

truit n'est pas protégé par des ouvrages transversaux, le sol continue son travail d'érosion et affouillera le pied du mur provoquant, tôt ou tard, son effondrement.

Les digues sont des ouvrages longitudinaux qui protègent des étendues de terre dont la cote moyenne est au-dessus du niveau de la mer. Leur érection peut permettre de gagner des étendues sur la mer (les exemples abondent aux Pays-Bas). Les étendues arrachées à la mer, recouvertes de vases dessalées et sur lesquelles pousse la végétation, s'appellent des polders.

b) Les ports

Choix de l'emplacement et construction d'un port

Le choix de l'emplacement d'un port est subordonné aux facteurs géographiques, techniques et économiques.

Il faut tenir compte de la nature de la côte (basse, rocheuse, vaseuse, rectiligne, déchiquetée, sujette ou non aux attemissements, etc.), des vents dominants, des courants littoraux et des transports de sédiment.

Cas d'un littoral rectiligne: il faut édifier des ouvrages de protection (jetées et digues; jetées parallèles; jetées convergentes; ouvrage unique plus ou moins recourbé; nécessité d'un avant-port si les tempêtes sont fréquentes).

Si le port n'est pas exposé aux attemissements (amas de terres, de sables, apportés par les eaux), il suffit de le protéger contre la houle (mouvement ondulatoire de la mer après un coup de vent) et les vents dominants.

Notons que s'il est relativement aisé de protéger un port, en côte sableuse (cas de notre littoral) des effets de la houle, il est beaucoup plus difficile de le préserver des attérissements (exemple de Zeebrugge).

La vase est d'origine marine (plancton, algues): elle se dépose au moment de la marée montante; au moment du reflux il se dépose également de la vase, par véritable collage.

Le phénomène d'ensablement est nettement différent de celui d'envasement dans son mode de dépôt et sa vitesse de sédimentation.

Conditions naturelles du port d'Anvers

Sa situation géographique est extrêmement favorable.

Les ports les plus recherchés ne sont pas ceux qui sont situés au bord même de la mer. Ceux-ci peuvent présenter certains avantages comme ports de vitesse. Mais au point de vue du trafic commercial, les navires recherchent de préférence les ports situés sur les rives des grands fleuves, à l'intérieur des terres.

Cette préférence s'explique par une double raison.

Tout d'abord, les navires y sont mieux à l'abri des tempêtes et des mouvements violents de la mer. En outre, ces ports permettent aux navires de porter les marchandises plus avant dans les terres et de drainer ainsi un hinterland plus étendu.

La distance d'Anvers à la mer est de 88 kilomètres. Devant Anvers, l'Escaut forme une rade magnifique de 400 à 500 mètres de largeur. L'amplitude moyenne de la marée y est de 4 m 29.

A partir de Bath, l'Escaut se développe en un véritable bras de mer, atteignant des largeurs de plus de 3 000 mètres à marée basse. Mais il n'est pas navigable sur toute sa largeur. Le lit du fleuve est semé de nombreux bancs de sable et les navires sont obligés d'emprunter certains passages bien connus. Le chenal navigable est marqué par des bouées. La nuit, l'indication du chenal est fournie par des balises lumineuses. La navigation sur l'Escaut est donc assez difficile, aussi, les navires ne peuvent se passer de pilotes. Les fonds étant variables, le lit du fleuve est surveillé par le service d'hydrographie qui procède à des sondages et dresse les cartes constatant l'état des endroits les plus dangereux.

On connaît donc ainsi la profondeur des passages et des seuils.

Les seuils sont les endroits où les fonds sont relevés au point de ne laisser qu'une faible profondeur. Les seuils séparent deux passes ou schaar. Pour passer d'un "schaar" à l'autre, les navires doivent franchir un seuil et c'est là que régit la difficulté.

LES NAVIRES

Bâtimens destinés au transport des marchandises

1. Cargo: navire destiné au transport des marchandises. Citons: cargo pétrolier, bananier, charbonnier, moutonnier, frigorifique, céréalier. Le cargo mixte, navire principalement destiné à transporter des marchandises, mais aménagé en outre pour recevoir un petit nombre de passager.

2. Tramp: navire de commerce sans destination fixe. Le tramping (mot anglais) est la forme particulière d'armement utilisant des navires nommés "tramp".

3. Pétroliers: navire pétrolier, cargo pétrolier. On emploie souvent le mot anglais "tanker" (tank-voiture, lorsqu'il est à vapeur), bateau-réservoir, bateau-citerne, navire citerne, citerne flottante, cargo pétrolier, pétrolier.

4. Wagon-voies: navire armé pour le transport des trains.

5. Les autres types de bâtimens de mer sont connus sous leur nom commun. Voici ceux qui sont les plus

- Paquebot: paquebot, paquebot à vapeur,
- Paquebot à vapeur: paquebot
- Paquebot à vapeur, machine à vapeur: paquebot à vapeur de charge; chargeot (Freighter);
- Cargo: paquebot, paquebot (machine à vapeur entre les ports de la même rade ou entre les ports d'un même pays);

Stone-ship: transport de matériel, navire ravitaillier;

Transport (vessel): (bâtiment de) transport;

Collier: navire charbonnier;

Oiler: a) bateau pétrolier,
b) vaisseau chauffé au mazout.

Bâtiments remplissant des fonctions spéciales

Baleinier: navire équipé pour la pêche à la baleine. (Certains de ces navires sont des usines pour l'extraction de l'huile de baleine.)

Bateau-câble: vapeur servant à transporter et à poser des câbles sous-marins. On dit, plus exactement navire-câblé (ou câblé ou mouilleur de câbles); angl.: cable-ship).

Bateau-feu: navire d'une construction spéciale, ayant un mât tubulaire portant un petit phare puissant. Ces bateaux sont mouillés en pleine mer au moyen d'une ancre spéciale, à proximité des hauts-fonds dangereux dont ils signalent la présence aux navires.

Bateau-pilote: petit navire ayant à bord un ou plusieurs pilotes, et qui se porte au devant des navires pour leur donner un pilote s'ils rentrent au port, ou pour débarquer leur pilote s'ils en sortent.

Bateau-pompe: bateau muni d'une pompe et destinée à porter secours à un bâtiment incendié, ou à vider un dock.

Briso-glace(s) (angl. ice-breaker): nom donné à des vapeurs de construction spéciale, pourvus de machines puissantes destinées à briser la glace dans un fleuve, un détroit, etc. et à maintenir un passage pour l'entrée et la sortie des navires.

Chalutier: bateau de pêche muni d'une drague ou d'un rets de fond qu'il traîne à l'arrière. (Le chalut est un filet en forme de poche remorqué sur le fond ou entre deux eaux, par les chalutiers.)

Anglais: trawl ou trawl-net = chalut;
trawl-boat ou trawler = chalutier;
trawling = pêche chalutière.

Drague et Dragueur: construction flottante en bois ou en fer, munie de machines à vapeur mettant en mouvement un appareil destiné à enlever du fond d'un fleuve ou du fond de la mer, du sable, du gravier ou de la vase.

Anglais: Dredger ou dredge boat = drague, cure-môle;
Pump-dredger = drague suceuse,
Bucket-dredger = drague à godets.

Marie-salope: bateau destiné à transporter hors du port et les rades les boues, vase, saletés extraits par des bateaux dragueurs; une tranchée pratiquée dans le fond permet de faire tomber le chargement dans la mer. ...

Remorqueur: bateau à vapeur d'un tonnage peu important, muni de machines puissantes, spécialement construit pour remorquer les navires dans un fleuve, dans un port et parfois en mer.

Bâtiments servant au transport des voyageurs

- 1. Paquetot (anglais: packet-boat): navire spécialement aménagé pour le transport des passagers et de la poste.
- 2. Transport de troupes.
- 3. Paquebot postal.
- 4. Ferry-boat.
- 5. Liners: paquebot desservant une ligne déterminée.
- 6. Yacht: navire de plaisance à voile, à vapeur ou à moteur, allant du petit bateau demi-pcrté au yacht royal ou princier, paquebot de luxe.

d) Appareillage électronique de sécurité dans la navigation maritime

- 1. Les radars de bord (ou de navigation) explorent l'horizon jusqu'à 25 ou 50 milles nautiques.
- 2. Ils sont complétés par les radars de surveillance établis à terre, qui surveillent les abords des côtes et les lieux de passage dans les ports. Les données obtenues sont retransmises aux navires intéressés par TSE ou TV.
- 3. Les routes et les passes dangereuses sont signalées par des balises dont on a augmenté le pouvoir réflecteur des ondes émises par les radars de navigation.
- 4. Des sondeurs ultrasonores (ou électroniques) permettent de surveiller les profondeurs (hauts fonds, récifs, épaves, masse sous-marine des icebergs) et de détecter les bancs de poisson (pour la pêche).

II - Transports fluviaux

a) La voie d'eau

Cours d'eau

La matière des cours d'eau est complexe et soulève des problèmes juridiques souvent très délicats, mettant en cause tantôt les droits d'administration et de police des pouvoirs publics, tantôt les droits - parfois civils - des riverains et usagers (1).

Les cours d'eau navigables

Il appartient au gouvernement de décider si un cours d'eau est navigable ou non, à moins que le législateur ne l'ait fait lui-même.

L'entretien, l'administration et la police des cours d'eau navigables appartiennent à l'Etat.

(1) A. Garçonnetche, Traité de droit administratif 2e éd. 1959 n° 461 et suivants.

Colind'au' estafé, sous la forme d'un établissement public, l'"Office belge de la navigation", chargé de l'administration, de l'entretien et de l'exploitation des voies navigables et des canaux.

Les canaux

Ils sont créés par l'Etat et soumis au régime juridique que les cours d'eau navigables.

Ils ont toutefois concéder le droit de construire un canal et le droit d'y percevoir des péages. La concession doit être accordée par une loi si le canal a plus de 10 kilomètres de longueur.

C'est ainsi que le canal de Willebroeck, par exemple, a été construit par la ville de Bruxelles, grâce à un arrêté de Charles-Quint, datant de 1531. Ce canal a été cédé par la ville de Bruxelles, en exécution de la loi du 11 septembre 1885, à la "Société du canal et des installations maritimes de Bruxelles", société qui a pour actionnaire l'Etat, la ville de Bruxelles et les communes limitrophes.

Cours d'eau non navigables

Le régime des cours d'eau non navigables est régi par la loi du 15 mars 1950, par celle du 16 février 1954 ainsi que par quelques dispositions, toujours en vigueur, de la loi du 7 juin 1877.

Les cours d'eau non navigables sont classés en trois catégories par la députation permanente, d'après leur importance et sur la base des critères établis par la loi.

La loi prévoit le maintien, pour certains propriétaires riverains, des charges spéciales leur incombant en vertu de l'usage, de titres ou de convention portant acte de commerce, en compensation des avantages résultant de cours d'eau.

La voie d'eau naturelle: la rivière

La navigabilité d'une rivière dépend essentiellement de la profondeur et de la constance à son lit, au long d'un lit stable et solide, de son profil et de la largeur du cours.

Il n'est pas de cours d'eau utilisé par la navigation qui n'ait subi les modifications plus ou moins importantes.

Pour obtenir un profilage régulier et un courant moins violent, on divise la rivière en une série de biefs séparés par des barrages. Cette opération s'appelle la canalisation.

La voie d'eau artificielle: le canal

L'idée de compléter les cours d'eau par des voies entièrement creusées de main d'homme apparaît dans les plus vieilles civilisations.

L'écluse à sas permet d'avoir des canaux en escalier qui permettent une

série de biefs horizontaux où le courant est pratiquement nul.

On ne connaît pas l'inventeur de ce type d'écluse; elle fut introduite en France par Léonard de Vinci qui avait été chargé par François Ier de travaux de canalisation sur l'Ourcq.

C'est à Adam de Craponne, ingénieur français, né vraisemblablement à Salon, en 1525, que l'on doit l'invention théorique du canal à bief de partage, qui permet de construire un canal qui réunit, en franchissant une hauteur, deux rivières coulant dans des bassins. Dès lors il est possible de construire des canaux de jonction qui complètent les canaux latéraux.

/différents

On a même réussi à faire enjamber des vallées, même très larges, par des ponts-canaux (pont-canaux de Briare, sur la Loire, par exemple).

Parfois les lignes de fautes sont traversées par un souterrain (exemples: deux souterrains sur le canal de St-Quentin, trois sur le canal du Nivernais); le souterrain du Rove est long de plus de sept kilomètres.

Les canaux interocéaniques

Ces canaux sont destinés à réunir deux mers ou deux océans, en évitant aux navires de contourner une partie continentale plus ou moins considérable. Ils sont assez nombreux; citons:

- Le canal Calédonien, en Écosse (creusé sous Georges III): il fait communiquer la Mer du Nord avec l'Atlantique;
- Le canal de Kiel qui unit la Baltique à la Mer du Nord;
- Le canal de Suez, qui relie la Mer Rouge à la Méditerranée;
- Le canal de Panama, qui joint l'Atlantique au Pacifique;
- Le canal des Deux-Mers, destiné à réunir l'Atlantique à la Méditerranée;
- Le canal russe de la Mer Blanche à la Baltique, achevé en 1933, longueur: 226 km.

Historique et caractéristiques des principaux canaux de navigation

1. Canal des Pharaons ou canal des Quatre-Rois

On a, dès les temps les plus anciens, compris l'utilité d'un canal qui, traversant l'isthme de Suez, permettrait de passer de la Méditerranée dans la Mer Rouge sans faire le tour de l'Afrique, et abrégerait de plus de la moitié la route d'Europe en Asie. Sésostris eut le premier l'idée d'un tel canal, mais il se servit de l'intermédiaire du Nil. Les travaux commencés sous son règne, furent poursuivis par Nécho, Darius Ier, Ptolémée Philadelphe, et terminés sous les premiers Lagides. Le canal partait de la branche orientale (ou Itâziatique) du Nil, aux environs de Bubaste, et débouchait à Arsinoé (Suez), à la pointe du golfe Arabique. Sa longueur était d'environ 200 km, sa largeur était calculée pour passer par un seul tirage de front. Pendant les révolutions que subit l'Égypte à l'époque romaine, le canal fut abandonné et s'obstrua, jusqu'à ce qu'on le rendit de nouveau navigable et leurs successeurs l'entretenirent jusqu'au commencement du XI^e siècle. Il s'était obstrué à nouveau lorsqu'au VII^e siècle, les Arabes

conquirent l'Egypte. Amrou, lieutenant d'Qanr, le fit recouler et porta la prise d'eau vers le Vieux-Caire, ce qui lui donna un cours total de 320 km. Le calife Al-Mansour en fit fermer l'embouchure en 775, pour arrêter les incursions des Egyptiens.

2. Canal impérial ou Grand Canal

(Chine) Gigantesque voie d'eau construite par les empereurs chinois de 486 avant Jésus-Christ à 1320 après J.-C. Long, de 1,000 km, il réunit les bouches du fleuve Bleu au système de Peï-ho, dans les environs de Pékin, utilisant d'anciens lits de rivières et de nombreux étangs. A l'origine, il avait une largeur de 60 à 80 mètres et une profondeur de 5 mètres. Sinueux et envasé, il n'est utilisable de nos jours qu'aux bateaux de faible tonnage, jonques et petits vapeurs. C'est un des plus anciens et des plus longs canaux du monde.

3. Canal de Charlemagne

En 794, Charlemagne, désireux de relier entre elles les provinces de son vaste empire, essaya de joindre ensemble la Mer Noire à la Mer du Nord par un canal qui, partant de l'Altmuhl, affluent du Danube, aurait abouti à la Rednitz, qui se décharge dans le Mein (ou Main), affluent du Rhin. Les travaux furent abandonnés après sa mort. Ce projet n'a été réalisé qu'en 1845 par la création du canal Louis.

4. Canal impérial ou canal de Saragosse

(Espagne) Il longe l'Ebre depuis Tudela jusqu'à Saragosse, en facilitant la navigation à la batellerie depuis le point où ce fleuve sort de la montagne Navarre jusqu'en aval de Saragosse. Commencé en 1529 sous l'empereur Charles-Quint, il fut terminé au XVIII^e siècle. Longueur: 100 km.

5. Canal de Terneuzen ou canal du Sas du Gand

Canal maritime de Gand à Terneuzen par Zelzate, ou à l'Escaut hollandais. Longueur en Belgique: 18 km. Profondeur: 6 m. Canal construit, sous Charles-Quint (1552) par les Gantois. Recoussé et prolongé jusqu'à Terneuzen en 1817. Projet de canal semi-maritime en 1823; livré à la navigation en 1827.

D'importants travaux ont été entrepris pour élargir ce canal. La profondeur sera augmentée afin que le port de Gand soit accessible aux navires jusqu'à 50 000 BRT.

6. Canal de Craponne

(France) Canal des Bouches-du-Rhône construit vers 1558 par l'ingénieur français Adam de Craponne (1519-1559) et servant à irriguer une partie de la Crau.

7. Canal de Willebroeck

Canal maritime de Bruxelles au Rupel (Boom), alimenté par la Senne et le canal de Charleroi. Il donne accès à Bruxelles port de mer. Longueur: 20 km. Cluses: 4. Profondeur: 3,20 m portée à 7 m; largeur: 50 m. C'est au commencement du XVe siècle (1415) que parut le premier projet de canaliser la Senne de Bruxelles jusqu'à la Dyle, pour mettre cette ville en communication navigable avec Anvers, qui était alors très florissante. Après un commen-

cement d'exécution, on l'abandonna pour la construction, en 1477, d'un canal latéral à la rivière. L'opposition de la Ville de Malines, puis celle de Wilvoorde firent abandonner la direction vers l'abouchement de la Dyle et prendre celle de Willobroeck. Ce canal fut inauguré le 12 octobre 1561.

3. Canal de Briare

(France) Voie d'eau artificielle réunissant la Loire à la Seine par le canal du Loing, et allant de Briare à Paris, près de Montargis. Longueur: 56 km. Navigation active. L'exécution, commencée en 1604 par l'ingénieur Hugues Croisnier, ne fut terminée qu'en 1642.

Il a une grande importance historique; c'est, en effet, le premier canal à double versant (ou à point de partage) qui ait été creusé en Europe. Les canaux construits jusqu'à cette date avaient été à pente continue, à l'imitation des cours d'eau réguliers et à écoulement tranquille. Ces anciens canaux étaient établis au moyen de la dérivation simple. On prenait de l'eau à un fleuve ou à une rivière, on la faisait entrer dans un fossé creusé de main d'homme, on la conduisait dans l'intérieur des terres en lui conservant partout son niveau et on l'employait à l'irrigation seule, ou à l'arrosage et à la navigation à la fois, selon que l'on avait donné au fossé une moins grande profondeur ou une plus grande. De semblables canaux n'étaient autre chose que des bras ajoutés aux fleuves et aux rivières; du nom même du lit artificiel qu'on leur avait creusé on les appelait canaux ou fossés.

9. Canal du Midi

On l'appelle parfois canal des Deux-Mers ou canal à Languedoc.

Voie navigable reliant la Méditerranée à la vallée de la Garonne par le seuil de Naurouze. Il commence à Toulouse, traverse le Lauraguais par les vallées de l'Hers et du Fresquel, emprunte la vallée de l'Aude de Carcassonne à Finestras, puis par Béziers et Agde, pour l'étang de Thau. Longueur 241 km. Construit par Paul Riquet de 1666 à 1681. Rapporte quelques détails historiques à Ernest Lavisse:

Le projet en était ancien et on en parla beaucoup au XVII^e siècle. Le grand commerce, qui naissait alors, réclamait l'ouverture de routes nouvelles, et la guerre presque perpétuelle entre la France et l'Espagne faisait désirer l'ouverture d'une voie qui parût aux vaisseaux Français de passer de l'Océan dans la Méditerranée à travers la France. L'idée sommeilla jusqu'au jour où elle fut recueillie par un Languedocien, Pierre-Paul Riquet. Intéressé dans la gabelle de Languedoc, il parcourait souvent la région du partage entre les eaux des Deux-Mers. Il remarqua que le point le moins élevé entre la Garonne et l'Aude était le col de Naurouze, à 189 mètres d'altitude. Il cota les altitudes des sources, et fit un avant-projet dont il alla entretenir l'archevêque de Toulouse, président des Etats du Languedoc, qui le mit en correspondance avec Colbert. Le ministre tout de suite se passionna pour l'utilité mais aussi pour la grandeur du projet que célèbre le prologue de l'Édit de 1666, où le Roi annonce que "pour favoriser le commerce, l'abondance et la félicité de son royaume", il veut "entreprendre de faire ouvrir de la jonction de la mer Méditerranée à la Méditerranée, c'est-à-dire "pour un autre ordinaire aux siècles passés", ce impossible projet de "ouvrir les deux courtois".

Les travaux eurent le destin de tous les grands travaux. En 1670 le canal était construit du col de Naurouze à Toulouse, en 1673 il aboutit-

ait 1840. Le canal, au sud de promontoire de 93 m, est fermé, soit par la mer, ou petit port fort agrandi. La superbe voie était achevée en 1631; les tois de 13 millions, furent dépassés à 4 millions (J. Pomeroy).

Aujourd'hui que ce travail, fort remarquable pour l'époque, n'a pas répondu aux espérances.

En 1840, pour des raisons économiques, Colbert avait dû renoncer à en faire un canal stratégique permettant le passage des galères d'une mer à l'autre. Le canal ne fut employé ni par les étrangers - comme l'avait souhaité le ministre - ni par le grand cabotage français. Même il ne servit guère aux relations entre Guyenne et Languedoc, car les Bordelais craignaient la concurrence des vins du Languedoc et les Languedociens celle du blé de Guyenne. Au moins le Languedoc en tira grand profit; le prix des transports qui se faisaient par charrettes, et surtout à dos de mulet, fut abaissé les trois quarts.

Le nombre des écluses (une centaine), la faible section du canal et le manque d'eau dans une certaine mesure (malgré de nombreux bassins d'alimentation), enfin la concurrence de la Compagnie des Indes de l'est au canal (qui l'exploite depuis 1840) ne lui assure plus cette rôle local.

10. Système de navigation de la Volga (Meriinskaïa-Souïa et autres systèmes)

(U.R.S.S.) Réseau de navigation du nord de la Russie, reliant la Caspienne à la Baltique, par les affluents de la Volga et de la Neva. Longueur 1092 km. Ecluses: 11.

Le canal Meriinskaïa fait partie de ce système avec les deux systèmes de la Neva et de la Neïva. Constructions de 1731 à 1800.

11. Canal du Centre ou le Gardalair

(France) Il unit la Saône à la Loire. Il commence à Chalon-sur-Saône et se termine à Digoin, sur le canal latéral à la Loire. Longueur: 121 km. Ecluses: 66. Construit de 1762 à 1793 il assure, par la Saône et la Loire, la liaison entre la Méditerranée et l'Océan Atlantique. En fait, il sert à transporter les combustibles et les minéraux entre le bassin du Creusot et la Saône.

12. Canal de Bridgewater

L'un des plus anciens canaux d'Angleterre (comtés de Chester et de Lancastre) en usé en 1765 par Francis Egerton, duc de Bridgewater (1736-1803), pour la dérivation de l'un des rivières Brindley. Longueur 150 km.

13. Système du canal de la Bérézina

(U.R.S.S.) La Bérézina (affluent droit de Dniéper) est unie à la Dwina par le canal qui fait communiquer la mer Baltique à la mer Noire. Longueur 1797 km. Ecluses: 12 écluses.

14. Canal Gotha

(Suède) Canal de la Suède méridionale qui fait communiquer le Kattgat à la Baltique par les lacs Venor et de Vetter. Longueur: 385 km. Ecluses: 58.

Projeté dès le règne de Gustave Vasa, ce canal a été creusé sous le règne de Charles XIV, de 1810 à 1832, avec l'assistance de l'armée suédoise.

15. Canal d'Erié

Canal de navigation des Etats-Unis unissant Buffalo sur le lac Erié (25 000 km²), à l'Hudson navigable (à Albany), par Rochester, Syracuse, Rome, Utica et Shennectady. Longueur: 590 km. 25 écluses. Construit de 1817 à 1825.

16. Canal Welland

Canal de la province canadienne d'Ontario, mettant en relation directe les deux lacs Erié et Ontario, et évitant à la navigation, sur la rive canadienne, la chute du Niagara. Exécuté en 1829, élargi en 1879-1887 et en 1914-1920. Longueur: 64 km.

17. Canal du Main au Danube

(Allemagne) De construction récente (160 km, 24 écluses) il utilise l'ancien canal Ludwig ou Louis (de Bamberg à Kolheim - 172 km) construit de 1836 à 1845, par le roi Louis Ier de Bavière.

18. Canal de la Marne au Rhin

L'une des plus importantes voies de communication de la France. Il commence à Vitry-le-François et aboutit au port de Strasbourg - 315 km - 178 écluses. Il a été construit de 1841 à 1853. En 1827, Brisson, célèbre ingénieur des ponts et chaussées, proposa de réunir les rivières de la Lorraine par un grand canal qui les couperait à angle droit et qui joindrait directement la Seine au Rhin. La loi du 3 juillet 1838 autorisa l'exécution de cette importante voie navigable. L'ouverture officielle eut lieu en 1851 pour la partie comprise entre Vitry et Nancy, et le 10 octobre 1853 pour celle comprise entre Nancy et Strasbourg.

19. Canal de Saïma

Canal qui réunit le lac Saïma ou Zaïmen (1.750 km²) - le plus grand lac de Finlande - au golfe de Finlande. Il commence à Lauritsala et se termine à Viborg. Longueur: 58 km. Ecluses: 28. Construit de 1844 à 1856.

20. Canal de la Mer du Nord (Noordzee kanaal)

Il unit Amsterdam à la Mer du Nord (Amsterdam - Ymuiden: 27 km - 4 écluses). Célèbre par les importantes écluses de Ymuiden (1930). Construit de 1865 à 1876. Profondeur: 11 m.

21. Canal de Suez

(Egypte) De Suez à Port-Saïd, il réunit la Mer Rouge à la Méditerranée. Longueur: 168 km. Construit de 1859 à 1869 par Ferdinand de Lesseps.

22. Canal de Corinthe

Pour éviter un long et dangereux parcours aux navires allant de France et d'Italie en Grèce (sur les côtes du Péloponèse), on a percé, entre 1882 et 1893, l'isthme de Corinthe. Le canal de Corinthe avait été étudié et même commencé sous Néron, les constructeurs ont, après maintes études faites sur les plans de de Lesseps, suivi exactement le tracé prévu par l'empereur

Le tirant d'eau du canal est de 3,30 m. Au départ à km 700, l'axe de partage, la hauteur de la tranchée au-dessus du plafond du canal atteint 27 m 20. Le tirant d'eau est de 8 m, et la largeur au plafond de 22 mètres. Le canal officiellement ouvert à l'exploitation le 9 novembre 1893.

20. Canal de Kiel ou Kaiser-Wilhelm-Kanal

Il unit la Baltique avec la Mer du Nord en coupant la presqu'île de Danemark (Allemanie) depuis Kiel jusqu'à l'embouchure de l'Elbe. Longueur: 91 km; largeur: 193 m, profondeur: 11 m 30. Grande importance stratégique pour la flottille allemande navigant libre en vertu du traité de Versailles (juin 1919). Creusé de 1887 à 1895; remis à plus profond de 1907 à 1914.

21. Canal de Dortmund-Ems

Voie navigable d'Allemagne reliant la Westphalie aux ports de la Mer du Nord par l'intermédiaire de l'EMS. Longueur: 280 km. Ecluses: 20. Construction: 1892-1898.

22. Canal maritime de Bruges à Zeebrugge

Terminé en 1894. Longueur: 12 km. Profondeur: 6 à 7 mètres. Tracé en ligne droite et au niveau de la mer, sans ponts (30 m de profondeur) à Zeebrugge (hoist-sun-bleu).

23. Canal de la Meuse à la Saône

(France) Appelé également canal de la Haute-Meuse. Voie navigable des départements de la Meuse, de la Haute-Meuse et de la Côte d'Or. Il commence à Vitry-la-Francois, au confluent des canaux de la Meuse au Rhin et de la Meuse à la Marne, suit la rive gauche jusqu'à Neuvicq, emprunte la vallée de la Vingeanne et continue le long de la Côte d'Or, près de Fontaine. Longueur: 250 km, 112 écluses. Construction: 1907.

24. Canal de Panama

Canal interocéanique artificiel mettant en communication les deux Océans Atlantique et Pacifique, entre la baie de Limon (Mer des Antilles) et le golfe de Panama. Longueur: 81 km, largeur: 9 km, profondeur: de 12 m 50 au minimum. Les travaux furent achevés sous la direction du colonel Goethals. Le canal fut ouvert au trafic le 15 août 1914. Il comporte deux écluses.

25. Canal Mittelland

(Allemagne) Il unit l'Allemagne de l'ouest à l'Allemagne de l'est, de Berlin à l'Elbe et à la Vistule. Construction: 1923 à 1934. Longueur: 291 km, 4 écluses.

26. Canal d'Amsterdam au Rhin

(Pays-Bas) Il unit Amsterdam à la branche principale du Rhin inférieure de l'est. Longueur: 72 km. Construction: 1923 à 1928. La profondeur maximale est de 4 m de l'est à l'ouest.

27. Canal Albert

Le Canal de l'Escaut à l'Avon, unit la Fosse à l'Escaut. Longueur: 161 km; 6 écluses. Les travaux ont été inaugurés par le Roi Albert le 21 mai 1930 et terminés en 1938.

La densité du trafic dépasse le niveau prévu à l'origine. Dès lors des études ont été entreprises pour élargir et approfondir ce canal, d'une importance vitale pour la liaison Anvers-Hasselt-Liège.

31. La voie du Saint-Laurent (Canada - États-Unis d'Amérique)

Avec son chenal navigable et son réseau de canaux, cette voie est la plus grande artère navigable intérieure du monde, car elle relie l'Atlantique à l'extrémité occidentale du lac Supérieur, à une distance de plus de 2.000 miles, soit plus de 3.000 km.

Actuellement, de nombreuses lignes régulières relient l'Europe et les ports des Grands Lacs Américains pendant plusieurs mois de l'année.

b) Le port fluvial

Les ports fluviaux et leur outillage

Théoriquement, la voie navigable pourrait supporter le chargement et le déchargement sur toute l'étendue de ses rives (sous réserve des autorisations administratives).

C'est un avantage sur le chemin de fer. Pratiquement il faut tenir compte de la nature des rives, de l'état du terrain, des nécessités du commerce et de l'industrie.

Les gares d'eau sont créées par un simple élargissement du canal: ce sont les lieux de stationnement et de virage.

Les ports proprement dits sont privés ou publics.

Les premiers sont aménagés par des industriels ou des commerçants pour leur propre usage. Les seconds font l'objet de concessions.

Les centres importants de trafic sont desservis par de grands ports intérieurs (Paris, Bruxelles, Strasbourg, Rouen, Liège, Ruhrort, etc.).

Les quais y encadrent des darse, des bassins spécialisés dans les trafics de charbon, d'hydrocarbures, de bois, de vins, où s'isolent les marchandises, salissantes, dangereuses ou d'un maniement délicat.

Quant aux manutentions, elles utilisent les matériels de type courant (grues, succuses, pompes, ponts et tapis roulants, portiques, etc.) Mais de capacité moyenne adaptée aux tonnages des unités flottantes.

Le stockage est assuré soit sur les terres-pleins, soit dans des magasins, silos, réservoirs et entrepôts.

c) Les bateaux

Navigation

1. Les bateaux de navigation intérieure sont de types fort divers. Ils sont caractérisés par leurs dimensions adaptées aux voies qu'ils fréquentent,

par la nature du trafic auquel ils sont affectés - les bateaux pour marchandises générales, sabliers, bateaux-citernes -, par leurs moyens de propulsion - péniches tractionnées ou automoteurs -, par leur mode de chargement enfin, bois ou fer.

2. Avant 1914, les péniches étaient toutes construites en bois. Entre les deux guerres, cette fabrication fut peu à peu abandonnée au profit du fer, puis de l'acier. Les formes des péniches sont plaines et on a à peine si l'on distingue l'avant de l'arrière.

3. Les bateaux automoteurs sont, au contraire, plus effilés, surtout lorsque leur trafic les amène à voyager souvent en rivière.

4. Un certain nombre de bateaux, surtout citernes, sont consacrés au transport des liquides en vrac. Les citernes intérieures, qui étaient utilisées même dans des bateaux en bois, disparaissent peu à peu pour faire place aux citernes-coques. Les bateaux-citernes transportent le vin, des hydrocarbures et des mélasses. Ceux qui sont de tirage profond transportent des produits lourds (fuels ou mélasses) sont munis de chaudières à chauffage qui peuvent être franchés, au cas où l'installation permanente d'une installation de production de vapeur à terre.

5. Pour être complet citons les bateaux d'usage militaire (canonnières, etc.).

La traction

Les bateaux qui ne sont pas automoteurs sont tirés, soit par la traction. Celle-ci s'effectue par touage ou par remorquage, si l'appareil moteur est un engin flottant, soit par lalage, quand le toueur est à terre, homme, attelage, tracteur mécanique, ce sont les lalages de bateaux.

Le toueur est un bateau qui porte un treuil actionné par un moteur ou une machine à vapeur et sur lequel s'enroule une chaîne immergée, fixée aux deux extrémités du parcours. Il est entraîné le long de la chaîne tendue par la rotation du tambour.

Le moteur Diesel remplace de plus en plus la machine à vapeur dans l'équipement des remorqueurs.

D. TRANSPORTS AERIENS

I - Les aérodromes

L'aérodrome est le terrain d'envol et d'atterrissage des avions.

Pour pouvoir décoller et atterrir, les grands avions de transport modernes ont besoin de grands terrains, munis d'une piste en béton ou en béton, qui sont reliées entre elles par une piste périphérique (taxi ways). Etant donné l'obligation, pour les avions, de décoller et d'atterrir face au vent, il existe sur les aérodromes un dispositif au moyen duquel on indique la direction d'atterrissage, et une bannière à air indiquant la direction

la direction du vent. On utilise de plus en plus des anémomètres indiquant la direction et la force du vent.

Le radar et la radiogoniométrie permettent également, par tous temps, d'indiquer aux pilotes leur position vis-à-vis du point de repérage; ils fournissent en même temps au contrôle régional et éventuellement à la tour du contrôle la position de tous les avions qui croisent dans cette zone et lui permettent ainsi de régler la circulation aérienne.

On appelle aéroport l'ensemble des installations assurant les transports aériens d'une ville ou d'une région (quand il s'agit du trafic par hélicoptères on parle d'héliport).

Son rôle principal étant d'assurer un mouvement rapide et bon marché des avions et de faciliter autant que possible les mouvements de passagers et de marchandises, un aéroport est constitué par une chaîne ininterrompue d'équipements indépendants qui, tous, concourent à la qualité de l'exploitation. On y distingue trois parties essentielles:

- la zone d'atterrissage;
- l'aérogare,
- la zone technique.

L'aérogare, entourée de services de trafic, comprend d'une part toutes les installations mises à la disposition du public: restaurants, bars, magasins, hôtels, salles d'attente; d'autre part, les services techniques et administratifs de l'aéroport: service de santé, service de police, service de douane, les bureaux de la météorologie, des radiotélécommunications, les services de la circulation aérienne, au commandement le tout, la tour de contrôle à laquelle nous avons déjà fait allusion. Les zones techniques groupent les hangars destinés à abriter les appareils au sol, les dépôts de carburants et d'hydrocarbures, les ateliers d'entretien et de réparation, les bases d'entretien des moteurs.

II - Les avions

Description de l'avion (organisme de l'avion)

Un avion comporte:

- 1°) des organes de sustentation qui s'appellent sous le nom de voilure;
- 2°) un fuselage qui réunit les différents éléments de la voilure et contient le poste de pilotage et le plus souvent une cabine pour le transport des passagers;
- 3°) des organes d'atterrissage (aiguilles d'atterrissage) ou d'amerrissage (hydravions);
- 4°) des organes moteurs capables d'assurer l'avancement de l'engin.

L'avion est un appareil de navigation aérienne plus lourd que l'air, comme on le sait. Il est capable de se déplacer dans l'atmosphère grâce à la rotation d'une hélice ou à la réaction d'un jet (avion à réaction).

Les différents types d'avion

1. L'aviation commerciale dispose d'appareils assurant aux voyageurs le confort maximum. Ceux-ci, transportés à grande vitesse (Bruxelles-New-York ex. Boeing = + 7 heures) et à une altitude élevée (avions stratosphériques), se reposent commodément dans de grands fauteuils sans éprouver le sentiment qu'au dehors l'air est rare et glacé (conditionnement d'air). Signalons que la plupart des avions commerciaux sont dérivés de types militaires.
 2. Pour le transport de troupes, on est obligé de sacrifier le confort, et le même type d'avion transporte d'ordinaire beaucoup plus de personnes; il comportera parfois une rampe de chargement des véhicules (jeeps ou tracteurs, par exemple). Ces avions de transport de troupes remorquent fréquemment de grands planeurs spécialement conçus pour recevoir des véhicules, des canons et du matériel divers, et munis à l'avant et à l'arrière de grandes portes par lesquelles on peut faire passer jusqu'à des chars d'assaut.
 3. Il existe également des avions de transport civil pour marchandises appelé avions cargos ou cargos, dans lesquels il est possible d'introduire des automobiles ou des camions par de grandes portes. L'adaptation de ces cargos au service voyageurs, est généralement possible.
 4. On rencontre, dans l'aviation à moteur, de petits appareils semblables à des planeurs: ce sont les avions légers monoplans ou biplans, qui appartiennent à des clubs ou à des particuliers. Les avions-taxis, civils ou militaires, sont un peu plus grands que ces avions légers.
 5. Les hydravions à coque et ceux à flotteurs sont avantageux sur des parcours où l'on survole de grandes étendues d'eau ou bien des territoires peu développés économiquement, où les lacs et les fleuves fournissent des points d'amérissage.
- Quant à l'avion amphibie, il est une combinaison de l'avion terrestre et de l'hydravion: il comporte à la fois une coque et des roues mobiles. En relevant ses roues, cet avion peut flotter sur sa coque, et en les abaissant, il peut atterrir sur le sol ou sortir de l'eau en roulant sur une grève ou sur un plan incliné. L'hydravion est en voie de disparition, mais l'avion amphibie est encore utilisé fréquemment.
6. Enfin, signalons deux types d'appareils qui diffèrent sensiblement de tous ceux qui précèdent: l'autogire et l'hélicoptère.

L'autogire possède, comme l'avion, une hélice à l'avant, mais ses ailes, placées au-dessus du fuselage, sont constituées par une grande hélice tournante ou rotor, dont les pales tournent librement sous l'action du vent de l'hélice motrice (il s'agit donc d'un avion à voilure tournante). Ceci permet à l'autogire de se poser presque verticalement. Cet appareil n'a jamais dépassé le stade expérimental.

Dans l'hélicoptère, au contraire, le rotor est directement ou indirectement entraîné par le moteur, et l'appareil peut monter ou descendre verticalement, demeurer immobile dans l'air ou se déplacer horizontalement en avant, en arrière ou sur les côtés. Ceci permet d'utiliser l'hélicoptère à quantités de tâches: au service postal, au sauvetage de naufragés en mer,

d'alpinistes perdus ou blessés dans la montagne, au ravitaillement des points autrement inaccessibles, à la pulvérisation d'insecticides sur des emplacements déterminés, à la lutte contre les épidémies (pulvérisation de désinfectants), contre l'incendie des forêts, etc.

Il existe deux types d'hélicoptères:

- a) le type à deux rotors, tournant en sens inverse pour compenser l'effet de la force centrifuge et éviter ainsi que l'appareil tourne sur son propre axe (par ex. le type Piascecki),
- b) le type à un rotor principal et un petit rotor auxiliaire placé à la queue de l'appareil, dans un plan perpendiculaire à celui du rotor principal (type Bell, Sikorsky, etc.). En plus de son effet "anticouple", ce petit rotor intervient dans le guidage de l'hélicoptère.

III - Appareillage électronique de sécurité dans la navigation aérienne

a) Radar

1. Les routes aériennes sont balisées par des stations à très haute fréquence (radophares).
2. Le radar de bord permet de déceler les formations orageuses et de les éviter.
3. Le traceur de route donne graphiquement la position de l'appareil.
4. Les dispositifs de radio-atterrissage permettent l'atterrissage sans visibilité.

b) Calculateurs électroniques

(Ils sont placés parmi les appareils du tableau de bord.) Citons: le contrôleur de vol et le pilote automatique.

c) Radio compas sert à se diriger vers les radiophares.

- 1/ Cyrocompas: il permet de remplacer la boussole dans les vols arctiques;
- 2/ Radio-altimètre: il permet de connaître la hauteur réelle de l'avion au-dessus du sol quelles que soient les conditions météorologiques. On se sert également du sondeur ultrasonique, qui fait appel au même principe que le radar (mais les ondes électromagnétiques sont remplacées par les ultra-sons).

d) Transistors

Leur application permet d'alléger le matériel électronique, de le rendre plus robuste et moins encombrant et de diminuer la consommation d'énergie et le dégagement de chaleur. Bref, il permet de "miniaturiser" l'appareillage.

VI - LE PROBLEME DE L'ALIMENTATION EN EAU DANS L'INDUSTRIE

A. LES EAUX

Eau chimiquement pure: H²O.

L'eau de rivière, de puits, de source ou même de pluie, n'est pas pure: celles-là contiennent en solution des sels de chaux et de magnésie, celle-ci des traces de gaz carbonique et d'ammoniaque, et toutes, divers microbes. Aussi emploie-t-on souvent dans les laboratoires l'eau distillée, plus pure, et dans l'industrie, l'eau épurée, par addition de divers précipitants suivie de décantation, ou par passage sur permutite (mélange préparé par fusion de quartz, de kaolin et de carbonate sodique).

Pour l'alimentation, on emploie souvent l'eau filtrée ou mieux l'eau stérilisée, soit par la chaleur, soit par addition de divers antiseptiques, éliminés ensuite.

B. CAPTAGE DES EAUX

Généralités

Pour les besoins de l'industrie, dans de très nombreux cas, il suffirait de recueillir les eaux météoriques (eaux de pluie) et les eaux superficielles (eaux des cours d'eau, lacs, barrages, réservoirs, etc.), de les décantier ou de les épurer.

En pratique, les eaux mises en réservoir ou captées grâce à des travaux coûteux (le plus souvent) doivent également servir à l'alimentation humaine. Celles-ci - qui doivent répondre à des exigences strictes - peuvent être utilisées par la plupart des industries.

Enquête hydro-géologique

L'enquête hydro-géologique a pour but d'étudier:

- 1°) l'origine des eaux;
- 2°) Les contaminations possibles que cette eau est susceptible de recevoir;
- 3°) Les moyens à adopter pour parer à ces contaminations (travaux de défense, mode de captage, périmètre de protection).

Mode de captage

Aux abords des ouvrages de captage, de très nombreuses causes de

contamination se constatent quotidiennement du fait de leur mauvaise exécution. Il appartiendra donc au géologue de spécifier comment le captage devra être exécuté, et d'indiquer les précautions à prendre à ses alentours.

S'il s'agit de sources, la plupart du temps, sauf dans certains cas d'espèces, il conviendra d'exiger que l'eau soit captée dans son gisement géologique, c'est-à-dire, sous les terrains meubles et les éboulis, le plus profondément possible, dans les couches mêmes du terrain où l'eau circule souterrainement avant de parvenir à son point d'émergence. Les fouilles et tranchées devront toujours entamer la roche en place. S'il s'agit de puits, il faudra exiger autant que possible que le puit soit placé en amont des agglomérations, cimetières et établissements insalubres, casernes, hôpitaux, usines, fermes, lavoirs, abreuvoirs, et soit creusé de préférence sur un point élevé, de façon que les ruissellements extérieurs divergent autour du forage au lieu de converger vers lui, il faudra également que le puits soit rendu étanche jusqu'au niveau aquifère; pour les forages profonds toutefois, les précautions à prendre dans le voisinage immédiat pourront être quelque peu moins sévères.

S'il s'agit de galeries drainantes ou de drains, les pompages devront être faits dans des conditions telles qu'ils ne puissent appeler vers les ouvrages de captages des eaux de surface contaminées et insuffisamment épurées par un trop court et trop rapide parcours souterrain.

Enfin, le géologue ne devra pas perdre de vue que les ouvrages de captage, les regards de visite, devront être mis à l'abri des inondations et du ruissellement des eaux superficielles.

C. L'EAU DANS L'INDUSTRIE

L'eau comme matière première

Comme l'air, l'eau est un aliment indispensable aux êtres vivants dont la nourriture solide contient, en général, plus de 80 % d'eau.

C'est aussi l'une des matières premières essentielles de l'industrie; elle intervient comme agent de préparation (mortiers, pâtes, etc.) et comme constituant (matériaux de construction, produits alimentaires, etc.) d'innombrables marchandises.

De l'eau de mer (comme des mines de sel gemme) on extrait, par évaporation, la chlorure de sodium (NaCl) ou sel ordinaire.

Rôle physique et chimique de l'eau

1. L'eau peut être un constituant des produits fabriqués ou simplement un véhicule d'éléments solubles.

2. Si nous faisons exception pour les industries alimentaires et chimiques, les qualités que nous devons exiger d'une eau industrielle sont moins nombreuses que celles que nous demandons à une eau potable.

3. Chaque industrie ayant des exigences particulières, le point d

peut être considérée favorable par rapport à la consommation d'énergie et surtout la teneur en un élément l'humain pour chaque industrie.

UTILISATION

- En chimie, surtout en chimie organique, l'eau doit être exempte de sels minéraux, de sulfures, qui pourraient décomposer les réactifs et se combiner à certains catalyseurs.
- La présence de sels calciques est un inconvénient de l'eau dans les industries textiles. Il y a précipitation de ces sels avec les colorants empêchant la transformation des colorants en sels solubles, ce qui est défectueux.
- En papeterie: eau propre exempte de sels de fer (qui oxydent le papier) et de sels calciques (qui nuisent à l'écoulement).
- Dans l'industrie chimique on est à la recherche d'eau exempte de sels minéraux en dépit de son prix relatif élevé.
- En traitement de l'eau de ville (exempte de sels minéraux, sulfures, sels calciques ou magnésiens (qui nuisent à la santé)).

UTILISATION DE L'EAU DANS L'INDUSTRIE

L'eau est la source même de l'énergie électrique dans les centrales thermiques hydro-électriques à partir des machines à vapeur.

Mais l'eau peut être simplement transformée en vapeur dans la machine à vapeur, ou comme dans les turbines, les moteurs, qui tendent à les remplacer.

USAGES DE L'EAU À L'ÉTAT DE VAPEUR

Les principaux usages de la vapeur sont: la production d'énergie électrique, son application au chauffage (des locaux, la culture, séchage) et des divers réactions chimiques industrielles, à l'échelle industrielle.

UTILISATION DE L'EAU À L'ÉTAT DE GLACE

La glace utilisée dans l'alimentation est obtenue à l'industrie par le refroidissement.

- 1°) La glace naturelle, issue en abondance de la déglaciation (dans les régions montagneuses);
- 2°) La glace artificielle, produite en usine (à l'échelle industrielle).

La glace est utilisée pour le refroidissement des produits alimentaires. Elle trouve également application dans les réactions chimiques, la distillation, le refroidissement des réactifs.

D. TRAITEMENT DES EAUX

Amélioration des eaux

Les eaux destinées à la consommation doivent être débarrassées des impuretés grossières tenues en suspension, de l'excès des sels minéraux qu'elles peuvent contenir, et, surtout, des matières organiques et des germes qui peuvent les accompagner.

Quatre procédés sont employés :

1) Procédés mécaniques

Décantation: elle consiste à laisser reposer le liquide. Les impuretés les plus lourdes se déposent au fond. La filtration va plus loin, à la condition que les espaces vides du corps filtrant soient suffisamment petits.

La "bougie de Chamberland" (ou filtre Pasteur), faite de porcelaine déglouée, est le filtre le plus efficace pour l'économie domestique. Facile à nettoyer (par le feu), elle a l'inconvénient de filtrer lentement. Dans les installations à grand débit (alimentation des villes), on utilise de grandes et épaisses couches de sable.

2) Procédés physiques

Stérilisation: l'ébullition ou mieux le chauffage sous pression à 125° (autoclaves) offre le maximum de garanties.

3) Procédés chimiques

a/ Précipitation de l'excès de calcaire par l'alun, la chaux ou le carbonate de sodium. C'est le procédé employé dans l'industrie pour la désincrustation des chaudières.

b/ Oxydation des matières organiques par l'ozone ou le permanganate.

4) Procédés mixtes

Tel est le procédé Anderson (oxydation par le fer, aération par écoulement en cascade, décantation, et filtration par le sable). De pareils procédés s'appliquent en grand. Parfois on utilise un traitement chimique après filtration.

Cas particulier des eaux pour usages industriels

Ces eaux doivent être clarifiées et débarrassées, autant que possible, des sels minéraux. Les plus importants sont des sels de calcium et de magnésium.

Le repos et la décantation permettent de séparer les matières en suspension. Si ces matières ne s'éloignent pas par le repos, on peut ajouter un peu d'alun ou de sulfate d'alumine. Si l'on ajoute du carbonate de calcium de l'eau précipite de l'alumine (ou un sulfate basique d'alumine):



qui entraîne les matière en suspension et accélère la clarification.

Le plus souvent, il est nécessaire de procéder à l'épuration de l'eau; le problème se pose différemment selon l'usage.

Dans le cas particulier où l'eau sert à l'alimentation des chaudières à vapeur, il y a lieu:

- 1°) d'éliminer les gaz dissous (dégazage) afin d'empêcher l'oxydation intérieure des tôles des chaudières;
- 2°) d'éviter les incrustations (dépôts de sels calcaires, notamment).

Pour certaines opérations nécessitant une eau aussi pure que possible (c'est le cas de la teinture, par exemple), on se sert parfois de palliatifs destinés à empêcher la précipitation de sels autres que les sels alcalins.

Eaux résiduaires

Les eaux résiduaires ont une composition très variable selon l'industrie dont elles proviennent.

Elles posent à l'industrie deux problèmes principaux:

- 1°) L'observation des règlements de police pour leur évacuation, ce qui nécessite le plus souvent une épuration.
- 2°) La récupération:
 - a/ de l'eau pour les industries qui en utilisent une grande quantité;
 - b/ des matières utilisables qui peuvent se trouver dans ces eaux.

E. RECUPERATION DE L'EAU ET DES IMPURETES

La récupération de l'eau, au moins partielle, est une nécessité économique pour certaines industries qui en font une grosse consommation. Tel est le cas de la sucrerie, qui met en oeuvre une quantité considérable d'eau. Une usine traitant 100 tonnes de betteraves par jour aurait à rejeter 20.000 m³ d'eau.

L'eau de lavage des betteraves, qui contient de la terre, des racines et des feuilles, est décantée, filtrée sur des claies, et une fois clarifiée retourne au lavage.

L'eau distillée (venant de l'évaporation des jus sucrés) est presque pure mais chaude, après refroidissement partiel on l'utilise pour l'épuisement des cossettes de betteraves.

Les eaux résiduaires d'amidonnerie servent à l'épandage et restituent à la terre neuf dixièmes des engrais utilisés pour la pomme de terre, soit environ 13.000 à 20.000 kg d'engrais pour 50 hectares de pommes de terre.

Les eaux résiduaires de l'épuration de la cellulose, par le traitement au bisulfite, contiennent, en moyenne, par 10.000 mètres cubes, de 500 à 900 tonnes de matières organiques (principalement amylacées) qui peuvent donner de l'alcool par fermentation, et des composés bisulfiques qui entrent dans la composition de certains décalcifiants.

Les eaux de lavage de la laine contiennent des sels organiques de potassium et une matière grasse, la suintine.

Les eaux de laiterie, qui sont très fermentescibles, sont additionnées d'un peu de chaux et de superphosphate; les matières albuminoïdes sont coagulées, on filtre sur la tourbe, et on utilise le filtre imprégné de matières filtrées comme engrais.

Le condenseur (d'une machine à vapeur) est un récipient fermé dont le rôle consiste, grâce à un moyen de refroidissement externe, à maintenir, une pression très basse de la vapeur à la sortie du moteur.

Les condenseurs sont en général à refroidissement - par l'eau - à la température ambiante. Si la quantité d'eau dont on dispose est faible, on utilise toujours la même eau en circuit fermé, mais on la refroidit, après qu'elle a servi au condenseur, en l'envoyant dans un appareil appelé rafraîchisseur.

VII - INDUSTRIES EXTRACTIVES

A. CISEMENTS

Les matières minérales exploitées dans la terre se trouvent en masses plus ou moins considérables, appelées gisements ou gîtes, ou en dépôts alluviaux.

Les gisements peuvent se présenter sous la forme de couches, de filons ou d'amas.

La masse du filon comprend le minerai proprement dit, la gangue et le remplissage, formé des débris de la roche encaissante.

Quant aux alluvions, elles proviennent de la destruction des filons par les eaux.

Minéralisateurs

On désigne, en minéralogie, sous le nom de minéralisateurs, les corps à la faveur desquels les métaux prennent la forme de minerais. L'oxygène est, pour ainsi dire, le premier des minéralisateurs. Parmi les autres, on peut distinguer deux classes:

- 1°) les minéralisateurs proprement dits, qui se trouvent directement unis avec les métaux, sans la présence d'un autre corps, tel que l'oxygène; ce sont: le soufre, le sélénium, le tellure, l'arsenic, l'antimoine; on peut y joindre le chlore et le fluor, ces derniers étant, avec l'oxygène, des minéralisateurs libres à l'état gazeux;
- 2°) les métaux acidifiables, qui s'unissent sous forme d'acides avec les métaux pour donner naissance à des minerais particuliers. Ce sont: le molybdène, le vanadium, le chrome, le tungstène, le manganèse. Les minerais formés sont alors des molybdates, vanadates, chromates, tungstates, manganates et permanganates.

On appelle minéralisation l'état d'un métal transformé en minerai par sa combinaison avec un autre corps.

Mines, minières et carrières

Sont considérées généralement comme mines, celles connues pour contenir en filons, en couches ou en amas, de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, de cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine ou autres matières métalliques, du soufre, du charbon (de terre ou de pierre), du bois fossile, du bitume, de l'alun et des sulfates à base métallique.

Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses, propres à être converties en sulfate de fer, les terres aurifères et les tourbes.

Les carrières renferment les ardoises, les grès, pierres à bâtir et autres, les marbres, granits, pierres à chaux, pierres à plâtre, les pouzzolones, les basaltes, les laves, les marnes, craies, sables, argiles, kaolin, terres à foulon, terres à poterie, les substances terreuses et les cailloux de toute nature, le tout exploité à ciel ouvert ou en des galeries souterraines.

La classification (officielle) qui précède est celle établie par la loi du 21 avril 1810: elle est encore en vigueur en Belgique

Fluides extraits du sous-sol

Ce sont:

- 1°) Les gaz combustibles, mélange à forte teneur d'oxyde de carbone (CO), dans la région de Pittsburgh (U.-U.) par exemple.
- 2°) Les gaz divers: le gaz carbonique (CO_2) en de nombreux points du globe; Illinois (U.-U.).
- 3°) De l'eau potable (assez souvent), de l'eau minérale, de l'eau salée.
- 4°) Du pétrole (U.-U., Proche-Orient, Moyen-Orient, U.S.S., Amérique du Sud, Indonésie, Sahara, France, Pays-Bas, Allemagne Occidentale, etc.)

Prospection

La prospection du sol en vue de la découverte de gisements est réalisée par divers procédés:

1. Sondage - Tout sondage comprend deux phases de travail: la désagrégation des terrains par chocs de trépan ou leur usure par frottements rotatifs, et l'enlèvement des détritits ou curage.

2. Recherches empiriques - Rappelons les procédés utilisés par les sourciers qui à l'aide de baguettes ou de pendules légers parviennent souvent à indiquer avec précision la présence de nappes d'eau souterraines ou d'amas minéraux.

3. Prospection électrique - Cette méthode s'appuie sur la différence de conductibilité des divers composants de l'écorce terrestre (méthode Tellurique).

4. Prospection électromagnétique - La méthode de Sundberg recourt à des ondes électromagnétiques par mesure des composants d'un champ alternatif d'origine artificielle, et que l'on détecte au moyen d'un tube électronique sensible aux variations d'amplitude de cette onde à l'échelle.

5. Prospection sismologique - Le procédé Mintrop se fonde sur les effets de secousses sismiques artificielles.

1. Principales applications - Elle repose sur l'étude des oscillations du pendule et la mesure de l'accélération de la pesanteur. Cette accélération (déterminée en métrologie par g), pour une même latitude, varie en fonction de la constitution interne de la croûte terrestre.

II. EXPLOITATION

Puits

Lorsque le gisement est profond, on y accède au moyen de puits, généralement verticaux, quelquefois inclinés suivant le sens du filon ou de la veine.

Ces puits de mines prennent le nom de fosses dans le nord de la France et la Belgique quand ils débouchent au jour, de bures (ou puits secondaires) quand ils sont à l'intérieur de la mine, d'avaleressees quand ils sont en fond de, particulièrement dans le terrain aquifère.

De ces puits partent des galeries soit hors tête, traversant horizontalement les terrains sous-jacents de puits recouper la veine (travers-bancs ou traverses), soit dans le gîte, suivant une ligne horizontale (galeries de niveau), ou une ligne inclinée (galeries de monte).

Les accidents miniers sont évités au moyen de puits par les galeries de puits d'échappement, où ils sont emprisonnés dans des cages entraînées par des câbles.

Puits de captage

Des puits de captage sont souvent employés pour l'aménagement des sources thermo-minérales. Ces puits ont pour but d'aller chercher en profondeur, soit directement, soit par l'intermédiaire de galeries de mines, un filon hydro-thermal, comme l'on irait chercher un filon métallifère. Ils sont rarement très profonds; mais ils présentent des difficultés d'exécution spéciales, à cause de l'eau thermale qui y arrive nécessairement puisqu'on travaille sur la source même. L'eau jaillissante est accompagnée, fréquemment, de dégagements d'acide carbonique dangereux pour les ouvriers.

Travaux de puits

Le fonçage d'un puits se fait dans des conditions tout à fait différentes, suivant que l'on peut travailler à niveau bas dans un terrain plus ou moins aquifère, plus ou moins aquifère, ou, au contraire, que des veines d'eau trop abondantes obligent à travailler, avec des artifices spéciaux, à niveau élevé.

Artifices de puits

On peut, pour les puits, deux au minimum, l'un pour l'entrée d'air, l'autre pour le retour. L'un d'eux au moins doit être pourvu d'échelles parallèles garanties dans un compartiment ou goyot.

Guidages

Les puits sont généralement pourvus de guidages (bois, fer, câbles) pour la circulation des cages.

Chevalements

Les guidages sont prolongés hors du puits dans une charpente ou chevalement, autrefois en bois, aujourd'hui en métal ou en ciment armé.

Boisage

Le boisage est l'action de boiser, de garnir avec du bois de menuiserie: c'est, plus spécialement, le boisage d'une galerie, d'un puits de mine.

C'est aussi l'ensemble du bois servant à boiser: boisage complet d'une galerie de mine.

Le demi-boisage ne revêt que le faite et une paroi de la galerie.

Le boisage dans tout revêt uniquement le faite et les deux parois.

Le boisage est souvent remplacé de nos jours par un blindage: construction servant à consolider les parois d'une tranchée, d'un tunnel.

Machines d'extraction

Les machines d'extraction sont soit à vapeur (verticales, horizontales, à paire de cylindres simples ou compound, à échappement libre ou à condensation), soit électriques (à courant direct, continu ou alternatif). Toutes doivent comporter des freins normalement serrés, commandés par un fluide autre que celui qui alimente la machine, ainsi que des indicateurs de position des cages dans les puits.

Exhaure

On appelle exhaure l'épuisement des eaux qui suintent dans les mines et se réunissent dans le puisard.

L'assèchement des mines s'opère soit au moyen de galeries souterraines qui débouchent dans les vallées voisines, soit à l'aide de machines. Toutes les fois qu'on peut pratiquer des galeries d'écoulement, on a recours à ce moyen pour assécher les mines en tout ou en partie.

Lorsqu'on a recours à des machines pour l'épuisement des eaux, on emploie des pompes (autrefois des seaux ou tonnes).

Eclairage

L'éclairage des mines métalliques ne présente aucune difficulté. De l'antique lampe romaine à la lampe actuelle des mineurs, la différence n'est pas très grande. Mais dans les mines gris-bleues, il faut des précautions

spéciaux pour éviter de mettre le feu au grisou. On dispose de torches, pour s'éclairer, de lampes de sûreté (ou lampes Davy, du nom de leur inventeur) dans lesquelles la flamme est complètement entourée de toiles métalliques qui empêchent la propagation au dehors de l'inflammation du grisou.

Actuellement des lampes électriques remplacent les lampes Davy.

Mesures envisagées pour améliorer l'exploitation des mines de charbon

La crise que traverse l'industrie charbonnière a conduit les spécialistes à rechercher les moyens d'améliorer l'exploitation minière et de réduire le coût de production.

Parmi ces moyens, nous citons:

- 1°) La concentration de l'exploitation au jour et au fond (par fusion de plusieurs sièges d'exploitation voisins).
- 2°) L'abatage en T: deux fronts de taille alimentent la même galerie de drainage, l'un par en haut, l'autre par en bas.
- 3°) La mécanisation de l'abatage.
- 4°) La mécanisation du soutènement.
- 5°) L'organisation scientifique de l'exploitation.
- 6°) Le transport moderne de matériel au fond.
- 7°) La gazéification souterraine des couches de charbon non rentables pourrait être une solution radicale. Les essais entrepris dans notre pays n'ont pas été concluants.

VIII - INDUSTRIES DE TRANSFORMATION

A. METALLURGIE

a - Généralités

Définition de la métallurgie

La métallurgie est l'industrie qui extrait les métaux des minerais ou de certains sous-produits, affine les métaux bruts ainsi obtenus et les amène sous leur forme commerciale, soit en les coulant dans des moules (fonderie), soit en les déformant par un travail mécanique (forgeage, laminage, tirage, filage, tréfilage, etc.).

Procédés d'extraction des métaux

Les divers procédés d'extraction des métaux se réduisent, d'une manière générale, aux quatre opérations suivantes:

- 1°) Si le métal est à l'état d'oxyde, on le traite par le charbon à une température élevée: son oxygène s'unit au carbone, qui passe ainsi à l'état d'oxyde de carbone ou d'anhydride carbonique, et le métal est mis en liberté. S'il s'agit d'un carbonate, on le traite de la même manière; le métal est encore mis en liberté, et l'on obtient un dégagement d'oxyde de carbone.
- 2°) Si le métal est à l'état de sulfure ou d'arséniure, on le grille, c'est-à-dire qu'on le chauffe dans un courant d'air: l'oxygène de l'air transforme le soufre ou l'arsenic en anhydride sulfureux ou arsénieux, et convertit le métal en un oxyde, que l'on traite ensuite par le charbon.
- 3°) Si le métal est à l'état de sel indécomposable par la chaleur, tel qu'un silicate par exemple, on le calcine avec une base et du charbon: la base, qui est ordinairement de la chaux, s'empare de l'acide silicique pour former un silicate, et le charbon réduit l'oxyde.
- 4°) Si le métal est à l'état natif et de pureté parfaite, son extraction n'exige que des moyens mécaniques. S'il est mélangé avec d'autres métaux naturellement plus oxydables, on l'en sépare par le grillage, qui transforme ces derniers en oxydes.

Les alliages

Définition - Les alliages sont des produits métallurgiques provenant de l'union de plusieurs corps dont l'un au moins est un métal.

On distingue les alliages binaires formés de deux corps, les alliages ternaires formés de trois corps, etc. L'industrie utilise parfois des alliages très complexes formés de cinq, six corps et même plus. Certains des corps alliés se présentent parfois en quantité infime; c'est le cas du phosphore dans les bronzes, du vanadium dans les aciers où ils jouent le rôle d'épureteurs.

Importance - Le but que se propose l'industriel, en préparant des alliages, est d'obtenir des propriétés mécaniques, physiques ou chimiques particulières et supérieures à celles des métaux unis purs; il lui est ainsi possible de réaliser dans certains cas un prix de revient moindre. Ceci provient de ce que les métaux forment des solutions ou des combinaisons qui ont leurs propriétés caractéristiques.

Par exemple, l'or et l'argent sont trop mous pour être employés seuls: alliés au cuivre, ils acquièrent de la dureté; aucun métal pur ne possède les qualités des bronzes des machines et des antifrictions pour le frottement.

Utilité des alliages

Les alliages ont pour but de modifier les propriétés de certains métaux qui, employés seuls, ne pourraient pas se prêter aux divers besoins de l'industrie. Les métaux employés dans la composition des principaux alliages sont le cuivre, le zinc, l'étain, le plomb, l'aluminium, le nickel, l'or, l'argent et le mercure. Nous rappelons que les alliages dans lesquels entre ce dernier métal portent le nom d'amalgames.

Principaux alliages

a) Alliages des métaux précieux

Alliages d'or			Alliages d'argent		
Vaisselle et médailles d'or	(Or Cuivre	916 84	Vaisselle et médailles d'argent	(Argent Cuivre	950 50
Monnaies d'or	(Or Cuivre	900 100	Monnaies d'argent (pièces de 5 F)	(Argent Cuivre	900 100
Bijouterie d'or	(Or Cuivre	750 250	Monnaies d'argent (pièces de 2 & 1 F, 0,50 et 0,20 c.)	(Argent Cuivre	835 165
			Bijouterie d'argent	(Argent Cuivre	800 200

b) Alliages à base de cuivre

Mercure des monnaies et des médailles	(Cuivre Etain Zinc	99 4 1	Bronze des miroirs de télescopes	(Cuivre Etain	67 33
			Bronze d'aluminium	(Cuivre Aluminium	90 10

Bronze de canons	(Cuivre 90 (Etain 10	Laiton	(Cuivre 67 (Zinc 33
Bronze sonore (ymba- les et tam-tam)	(Cuivre 80 (Etain 20	Maillechort	(Cuivre 50 (Zinc 25 (Nickel 25
Bronze des cloches	(Cuivre 78 (Etain 22		

c) Alliages à base de plomb ou d'étain

Mesures d'étain (li- tre, décilitre, etc.)	(Etain 90 (Plomb 10	Caractères d'im- primerie	(Plomb 80 (Antimoine 20
	(Etain 100	Métal de Baccot	(Bismuth 50
Métal anglais	(Antimoine 8	(Fusible à 94°)	(Plomb 30
	(Bismuth 1		(Etain 20
	(Cuivre 4		

d) Alliage d'acier et de nickel (Invar)

L'alliage d'acier et de nickel dans la proportion de 64 de fer pour 36 de nickel, étudié par L. Guilleme, du Bureau international des Poids et Mesures, est remarquable par sa dilatation sensiblement nulle sous l'influence de la chaleur. Elle est, en effet, le dixième de celle du platine. Aussi ce précieux alliage a-t-il reçu le nom d'Invar, abréviation du mot invariable. Il est communément employé aujourd'hui pour la fabrication des pendules, des régulateurs des horloges de précision, spécialement pour les anciens systèmes de compensation, et pour la construction des instruments de mesure employés en géodésie.

En d'autres proportions, cet alliage a exactement la dilatation du platine et peut remplacer ce métal dans plusieurs de ses usages.

Alliages industriels

1. Alliages ferreux - Aciers et pâtes ordinaires, Ferro-alliages.
2. Alliages cuivreux - Bronzes, laitons, maillechorts, cupro-aluminium.
3. Alliages légers - Ils résultent de l'incorporation de l'aluminium et d'autres métaux dont les propriétés s'associent aux siennes pour constituer un composé nouveau dont l'usage exige des procédés particuliers (Exemples d'alliages légers d'aluminium, alpeux).
4. Alliages ultra-légers - Ils sont à base de magnésium (électron).
5. Alliages de nickel, d'étain, de zinc - Voir plus haut.
6. Alliages de nickel - Gilsen, nichrome, etc.
7. Alliages de métaux précieux - Voir plus haut.

8. Superalloys - Ils résistent aux températures de l'ordre de 900° C (cas des ailettes de turbines à gaz). Ils présentent de fortes teneurs en chrome, nickel, cobalt. La teneur en fer est parfois faible.

9. Alliages durs - On les obtient par la métallurgie des poudres: carbures de tungstène, de titane, de molybdène, de tantale. Le liant le plus utilisé est le cobalt. Les alliages durs sont utilisés dans la fabrication des outils de coupe et de mines, filières d'étrépage, matrices de compression, etc.

10. Alliages à bas point de fusion - Ils sont composés de bismuth, de plomb, d'étain et parfois de cadmium. Ils servent à la fabrication d'éléments de sécurité: plomb fusible des chaudières à vapeur.

Le duralumin

Ce vocable recouvre une grande variété d'alliages qui ont pour éléments principaux l'aluminium avec, comme métaux secondaires, du cuivre, du zinc, du magnésium.

Ces composés (utilisés, par exemple, en construction aéronautique) ont hérité de la légèreté de l'aluminium et ont acquis des propriétés vulcaniques accrues, mais ils résistent cependant moins bien à la corrosion. On remédie à cet inconvénient majeur par l'emploi de tôles composées d'une plaque de duralumin intercalée entre deux plaques d'aluminium pur, le tout laminé pour rendre l'ensemble solidaire.

Métallisation

On appelle métallisation, l'application sur une pièce, pour la protéger, d'une pellicule de métal inoxydable, opération qui a pour but de préparer les corps non métalliques à recevoir une couche de métal par les procédés de la galvanoplastie.

La métallisation a pour objet de rendre conductrice, les pièces qui ne le sont pas de nature, soit qu'on veuille les revêtir d'une enveloppe métallique, soit qu'on se propose seulement d'en contre-tirer une éprouve. Le corps qui se prête le mieux aux différentes manipulations galvanoplastiques est la plombagine (le graphite, ou carbone naturel cristallisé presque pur est utilisé aussi dans la fabrication des crayons).

11 - Sidéurgie

Métallurgie de fer

Le fer ne se trouve dans la nature à l'état natif, c'est-à-dire à l'état métallique, que dans les aérolithes, où il existe presque toujours associé à une certaine quantité de nickel et de chrome. Les minerais exploités pour l'extraction du fer sont tous des oxydes ou des carbonates, tels que:

1.) L'oxide de fer magnétique Fe_3O_4 de Suède et de Norvège;

- 2°) Le sesquioxyle de fer anhydre Fe_2O_3 , cristallisé, comme dans le minéral des Vosges ou de l'île d'Elbe, il est connu sous le nom de fer oligiste, quand il existe en grandes masses compactes, on l'appelle hématite rouge;
- 3°) Le sesquioxyle de fer hydraté $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ aggloméré en masses brunes, il est connu sous le nom d'hématite brune; dispersé en grains dans les roches jurassiques, il est dit fer oolithique ou limonite. On le trouve surtout en Bourgogne et dans le midi de la France;
- 4°) Le carbonate de fer CO_3Fe ou fer spathique, qui se trouve en filons dans les Alpes, aux Pyrénées, à Saint-Denis, dans le nord de la France, et en Angleterre dans le voisinage des mines de charbon.

Le traitement de ces divers minerais de fer se fait par deux méthodes différentes: la méthode catalane et la méthode des hauts fourneaux. Ces deux méthodes consistent à décomposer le minéral de fer au moyen du charbon; elles ne diffèrent l'une de l'autre que par la manière dont la gangue du minéral, ordinairement composé d'argile (silicate d'alumine) ou de quartz (acide silicique), est séparée du métal pendant l'opération.

1°) Méthode catalane - Nous en parlons pour mémoire parce qu'elle est abandonnée aujourd'hui. On chauffait simplement le minéral avec du charbon de bois. La température n'étant pas assez élevée pour fondre le fer; celui-ci est seulement transformé en une masse molle, spongieuse. La méthode catalane a l'inconvénient de perdre une grande partie du métal qui reste engagé dans les scories.

2°) Méthode des hauts fourneaux - Cette méthode a, sur celle qui précède, l'avantage immense de donner presque tout le métal que contient le minéral, d'abord à l'état de fonte, c'est-à-dire en combinaison avec une certaine proportion de carbone et de silicium, dont on le sépare ensuite au moyen d'une seconde opération nommée affinage. C'est par elle que l'on prépare aujourd'hui la presque totalité du fer employé dans l'industrie.

Le haut fourneau se compose de deux troncs de cône construits en briques réfractaires et réunis par leurs bases. Le tronc de cône est la cuve, dont l'ouverture supérieure porte le nom de gueulard; cette ouverture est surmontée d'une cheminée percée d'une ou plusieurs portes, par lesquelles on introduit le combustible et le minéral dans le fourneau. Le tronc de cône inférieur forme ce qu'on appelle les étalages. Au-dessous se trouve un espace circulaire appelé l'ouvrage, dans la partie inférieure duquel viennent déboucher les tuyères des machines soufflantes destinées à amener l'air nécessaire à la combustion. Enfin, au-dessous du fourneau se trouve le crouset, de forme prismatique, et dont la paroi antérieure, nommée la dame, se continue extérieurement avec un plan incliné. Ce crouset, dans lequel tombe et se réunit la fonte, est en pierres réfractaires; il est percé en bas et en avant d'un trou nommé trou de coulée, qui, pendant le fondage, est bouché par un tampon d'argile.

On introduit dans le fourneau le combustible (coke) qui doit servir à la réduction de l'oxyde de fer, et on en forme une première couche qui s'étend depuis l'ouvrage jusqu'à la partie inférieure de la cuve; on achève ensuite de remplir celle-ci avec du minéral mélangé de carbonate de calcium et avec de nouvelles charges de combustible, que l'on superpose couche par

de la descente, on met le feu et on donne le vent. L'air qui s'échappe du haut brûle d'abord le charbon contenu dans l'ouvrage, forme de l'anhydride carbonique et libère une grande quantité de chaleur. Le gaz carbonique se dilate et de l'ouvrage dans les tuyaux rencontre du charbon incandescent, qui le fait passer à l'état d'oxyde de carbone. Bientôt cet oxyde de carbone arrive dans la cuve, où il rencontre à son tour le minerai, c'est-à-dire l'acier fondu, dont la température est assez élevée pour qu'il puisse le réduire, en repassant à l'état d'anhydride carbonique. Le minerai, qui s'affaïssit à mesure qu'il descend avec sa gangue dans les étalages. C'est à cet étage, pour l'instant, que la chaleur intense qui règne dans cette partie du fourneau, le fer provenant de la réduction du minerai se combine avec une certaine proportion de carbone et de silicium pour former de la fonte, tandis que la gangue et le carbonate de calcium qu'on y a ajouté mélangés avec l'un sur l'autre et donnent naissance à un silicate double d'aluminium et de calcium, qui constitue le laitier. La fonte et le laitier, continuant de descendre, traversent l'ouvrage, où ils se liquéfient complètement, et tombent ensemble dans le crouet. La fonte, qui est plus dense, tombe au fond du crouet, le laitier surmonte, débrite le haut et s'écoule par le plan incliné vers le sol de l'usine, d'où on l'emmène à mesure qu'il se solidifie.

Lorsque le crouet est rempli de la fonte, on procède à la coulée. Un ouvrier allège alors, avec une longue tige de fer, le trou d'écoulement qui bouchait le crouet, et la fonte incandescente s'écoule dans une série de petits canaux construits avec du sable sur le sol de l'usine. La fonte se solidifie bientôt et se trouve moulée sous la forme de demi-cylindres, que l'on coupe ensuite en tranches, selon qu'ils sont plus ou moins longs.

Récupération de la chaleur

Grâce aux progrès de la physique, un chauffage rationnel de l'air de la maison fut réalisé, au siècle dernier, dans des appareils dits "Stovos", permettant la diminution de la mise au mille du coke. Six ans avant ce point, en 1865, le principe de la récupération de chaleur par inversion de la circulation du gaz et à l'air, arrive à obtenir des températures de l'ordre de 1.500 à 1.700° qui permettent à Martin de réaliser la fusion de l'acier au solo.

Les fourneaux sont alimentés en vent par de puissants moteurs à vapeur et les anciens Corpses sont remplacés par des appareils à ruchage perfectionné et à brûleur soufflé, permettant d'obtenir par mètre cube de ruchage un rendement trois fois augmenté.

Régularité de la marche du haut fourneau

La recherche d'un rendement maximum a conduit les ingénieurs à obtenir dans le fourneau une marche régulière. A cette fin, il faut rechercher une régularité uniforme et constante des charges et du coke dans le fourneau. On a vu, à cet effet, que les différents couches formant le lit de réduction de la fonte, au rucher, les mêmes opérations se poursuivent de façon identique, et que les charges et les couches sont identiques. En conséquence, on a cherché à rendre, si possible, cette solution générale. Grâce au perfectionnement de la fonte par rucher, aujourd'hui, on a obtenu une marche régulière de la fonte, grâce à des dispositifs à succion évitant le tassement des charges pendant la chute de celles-ci dans le fourneau. On est arrivé ainsi à une

homogénéité beaucoup plus grande des couches. De même, par le concassage des minerais, on obtient des morceaux de grosseur plus régulière.

Les aciers

Acier naturel (ou de fonte, ou acier puddlé)

Le procédé employé est le même que celui qui a servi à la préparation du fer; on arrête seulement l'opération avant que tout le carbone soit brûlé par l'oxygène des scories ou des battitures.

Cet acier commun manque parfois d'homogénéité. Pour lui en donner, on le réduit en barres, qu'on chauffe au rouge blanc. On les forge ensuite sous le marteau-pilon pour les souder les uns aux autres; finalement, on les passe au laminoir. Tel est l'acier dit corroyé.

Le meilleur procédé pour obtenir de l'acier homogène est de le fondre, après coup, par masses de 30 à 40 kilogrammes dans des petits creusets de plombagine (acier fondu).

Acier Martin

Pour obtenir les grandes masses d'acier nécessaires à l'industrie moderne, on emploie actuellement le four Martin. C'est un énorme four à réverbère, sur la sole duquel on chauffe jusqu'à la fusion liquide un mélange de débris de fer et de fonte dans la proportion voulue pour obtenir de l'acier.

C'est en 1864 que Martin découvre le principe de la fabrication de l'acier sur sole, par le procédé de dilution ou scrap process et par l'oxydation du minerai ou ore process.

Les premiers essais furent infructueux, mais, grâce au système de récupération des chaleurs perdues et au chauffage par inversion mis au point par les frères Siemens, Pierre Emile Martin, à Seneuil, put atteindre la zone de haute température nécessaire à la fusion des matières et à la fabrication de l'acier.

For aciéreux ou acier Bessemer

Voici le procédé, imaginé par un ingénieur anglais, Bessemer, pour se procurer rapidement du fer aciéreux en grande quantité. Dans une vaste cornue en terre réfractaire, dite convertisseur, doublée extérieurement de forte tôle d'acier, mobile autour d'un axe horizontal et percée inférieurement de petites ouvertures pour la soufflerie, on introduit d'abord du charbon pulvérisé et on chauffe au rouge blanc. On fait basculer le convertisseur, on le vide du charbon qu'il contient, et on le remplit aux deux tiers environ de fonte liquide. En faisant jouer alors la soufflerie, le carbone et le silicium de la fonte sont brûlés par le courant d'air injecté, et il reste du fer presque pur dans la cornue. C'est une variété de puddlage. Au fer en fusion ainsi obtenu on ajoute alors une certaine quantité de fonte blanche manganésifère et on donne du vent encore pendant quelques minutes. La fonte fournit la quantité de carbone nécessaire à la production de l'acier, et le manganèse aide à l'élimination du silicium, en formant avec lui une scorie

fusible (silicite de fer et de manganèse), qui reste au-dessus de l'acier fondu, et dont on peut le débarrasser facilement. On coule ensuite immédiatement l'acier liquide et homogène dans les moules des objets qu'on veut fabriquer.

L'acier obtenu dans une poire Bessemer est assez dur. Ce convertisseur ne peut être utilisé pour les minerais ou fontes phosphoreuses ou sulfureuses. Dans ce cas, on remplace le revêtement intérieur par des dolomies et on ajoute au fer en fusion une certaine quantité de chaux vive, qui va lier les impuretés en P ou S. On parle alors d'un acier doux Thomas (nom de l'inventeur de cette variante du procédé Bessemer).

La fin de l'opération du convertisseur se remarque à la couleur de la flamme qui s'échappe de l'orifice de la poire.

L'acier de cémentation

Il s'obtient en chauffant fortement des barres de fer au milieu d'un ciment, formé de charbon de bois pulvérisé, de suie et de sel marin. Cette opération se pratique en plaçant alternativement des couches de ciment et des barres de fer dans de grandes caisses en briques réfractaires, construites dans un four, où elles sont chauffées au rouge pendant plusieurs jours. Peu à peu le fer se combine avec le charbon qui contient le ciment et se transforme en acier.

La transformation des barres de fer en acier n'étant que superficielle, il faut, pour avoir un bon acier, que celles-ci soient minces. Les soufflures que présente leur surface à la sortie du four leur ont fait donner le nom d'acier de poule. Pour être livré au commerce, l'acier de cémentation doit être corroyé ou fondu.

Affinage des métaux

Les méthodes de fabrication ne donnent jamais des métaux purs; aussi est-il souvent nécessaire d'effectuer la séparation des impuretés, soit quand elles sont nuisibles (cas du carbone de la fonte qui doit être transformée en acier), soit quand elles ont une grande valeur (métaux précieux contenus dans le plomb, par exemple).

Pour effectuer l'affinage, on emploie les procédés suivants:

- 1°) Oxydation des impuretés. C'est ce qui a lieu pour le carbone, le silicium, le manganèse, etc., de la fonte que l'on veut transformer en fer ou en acier.
- 2°) Liquation. On laisse reposer le produit brut fondu dans un four; et les métaux se séparent par ordre de densité; cette méthode permet d'abaisser la teneur en plomb des zincs bruts.
- 3°) Formation d'alliages. Par addition d'un métal convenable à un produit brut fondu, on peut former des alliages faciles à séparer; c'est ce qui a lieu pour les plombs argentifères, auxquels on ajoute du zinc pour former un alliage des trois métaux qui vient surnager à la surface du bain.

1°) Electrolyse. Cette méthode, qui est également utilisée pour le traitement de certains minerais, consiste à déplacer les métaux sous l'action du courant électrique. Pour cela on emploie une dissolution d'un sel du métal à affiner, dissolution appelée électrolyte. On y plonge deux prismes conducteurs: l'un (+) sert pour l'arrivée du courant, on l'appelle anode; l'autre (-) sert pour la sortie du courant, on l'appelle cathode. Le passage du courant produit la décomposition de la dissolution: le métal se dégage à la cathode et le reste de la molécule à l'anode.

Laminage

Laminoirs - Le laminage est une opération qui a pour but de donner aux produits métallurgiques des profils à la demande de l'industrie en les faisant passer entre des cylindres de formes appropriées.

En principe, un laminoir comprend deux cylindres à axes parallèles tournant en sens inverse; si l'on introduit dans le sens convenable une barre de métal entre ces cylindres, le frottement qui en résulte produit son entraînement. D'autre part, la pression des cylindres réduit l'épaisseur du métal, qui s'allonge ou s'étend suivant qu'il passe ou non dans des cannelures.

Les cylindres des laminoirs sont en fonte trempée, en fonte aciérée ou en acier. Ils possèdent des tourillons ou collets tournant dans des coussinets portés par des cages en fonte; ces collets sont prolongés par le trèfle à section étoilée qui reçoit un manchon d'entraînement.

La partie comprise entre les collets est appelée table. Pour le laminage des tôles, la table est cylindrique sur toute sa longueur; elle est à gradins pour les fers plats, à cannelures pour les profils divers.

L'entraînement des cylindres est fait par des engronages à chevrons par l'intermédiaire d'allonges. Ces engronages appelés pignons sont placés dans les cages à pignons.

Plusieurs cylindres et leurs cages, devant coopérer à un même travail, forment un train: le train ébaucheur dégrossit la masse à laminer et le train finisseur lui donne sa forme définitive; parfois on fait usage d'un train intermédiaire.

se

Les trains de laminoirs/divisent en deux grandes catégories: les non-réversibles et les réversibles.

Le principe même du laminage n'a pas subi de transformation depuis plus d'un siècle, mais son application s'est étendue par l'étude rationnelle des déformations et des allongements des aciers aux différentes températures obtenues. On est ainsi arrivé à laminer depuis les ronds de 5 millimètres jusqu'aux plus grandes poutrelles.

Un progrès important consista en l'introduction des laminoirs continus.

Enfin, l'appel à l'électronique permet d'atteindre l'égalité des épaisseurs et le contrôle du travail en cours de fabrication.

Progrès récents en sidérurgie

1. Les progrès au stade de la fonte

Depuis quelques années, la plupart des entreprises s'intéressent fortement à la préparation de la charge des hauts fourneaux. Avant d'être enroulés, les minerais doivent généralement subir un concassage. Celui-ci produit notamment des fins, qui sont ensuite mélangées à des poussières de coke et de haut fourneau, et agglomérées afin d'assurer une ascension facile des gaz dans le haut fourneau. Cette méthode est appliquée depuis longtemps - il y a une entreprise belge qui pratique l'agglomération ou "sintering" depuis avant 1930 -, mais jusqu'il y a peu, elle n'était considérée que comme un pis-aller.

Actuellement, par contre, certains hauts fourneaux sont alimentés presque exclusivement par des installations d'agglomération. Ces charges permettent de diminuer la consommation de coke (de 30 %).

En outre, elles permettent d'obtenir une fonte très homogène et réduisent sa teneur en soufre. Grâce aux propriétés physiques des sinters, le soufflage et la température du vent dans le haut fourneau peuvent être renforcés, de sorte que la production peut être augmentée. Enfin, l'usage de minerais fins peut se faire sans surcharger le haut fourneau.

Depuis quelque temps la capacité de production des hauts fourneaux a également augmenté de notable façon. Il s'agit là d'ailleurs d'un phénomène qui se retrouve dans tous les processus de production modernes. Actuellement, il est construit dans notre pays des hauts fourneaux d'un diamètre au creuset de 8 m 50 et d'une capacité de 1 000 tonnes par jour. Le progrès par rapport à l'avant-guerre représente donc plus de 100 %.

Il convient de mentionner aussi la méthode de réduction directe des minerais, qui retient tout l'intérêt des milieux intéressés. La réduction, dans ce cas, est assurée par l'utilisation d'hydrocarbures, ce qui permet de se passer de coques. A Monterrey (Mexique) fonctionne une installation d'essai qui bénéficie toutefois de conditions d'exploitation exceptionnelles. Le minerai de fer y a une teneur de 65 %, le gaz naturel revient à 0,138 F le m³ et les salaires correspondent à peu près à un dixième de ceux en vigueur dans les aciéries américaines. Bien que ses recherches dans ce domaine soient très avancées, l'industrie sidérurgique américaine n'envisage pas encore d'adopter ce procédé. La production journalière des appareils utilisés varie d'ailleurs entre 50 et 100 tonnes, soit à peu près un dixième du rendement d'un haut fourneau. En Belgique, on ne prévoit pas non plus la mise en place de ces appareils, ce qui est certes de nature à rassurer nos charbonnages.

L'installation de turbines à gaz constitue un autre aspect important de l'évolution technique de nos hauts fourneaux depuis la guerre. Antérieurement, le gaz de haut fourneau faisait fonctionner des moteurs, mais la disparition progressive des machines à piston au profit des turbines s'est traduite par l'installation de turbines à gaz. En Belgique, les premières turbines à gaz fonctionnant exclusivement au gaz de haut fourneau furent installées en 1955. Leur fonction est double: elles assurent le fonctionnement des installations de soufflage et fournissent l'énergie électrique nécessaire.

Actuellement ce système est appliqué par plusieurs entreprises.

On recourt à l'oxygène pour la décarburation de la fonte.

Depuis, de nombreuses expériences ont été faites dans plusieurs pays afin de mettre au point un système de coulée continue. Le principal avantage du système est qu'il permet d'éliminer les pits et le blooming. En outre, les déchets du lingotage - qui sont de 20 % quand on utilise les méthodes classiques - se trouvent réduits à peu de chose, et les lingots sont absolument homogènes.

B. Les progrès au stade des laminaires

Au stade de la déformation plastique de l'acier, les progrès techniques réalisés concernent surtout le laminage continu et le laminage à froid. Le laminage continu se fait à partir du demi-produit dans une série de cages successives et non plus par passages répétés dans une même cage. Ce procédé est appliqué aux Etats-Unis depuis 1926, mais les premières installations en Belgique n'ont été mises en service qu'après la dernière guerre. Il apparut d'ailleurs que le système semi-continu serait le plus adéquat en fonction des besoins de l'industrie belge.

Grâce à l'électromécanique, dans le laminage, il est possible d'établir d'une manière entièrement automatique les contrôles et les régulations nécessaires.

La barre de métal, happée à l'entrée du train de laminage, est entraînée d'un mouvement continu à travers les différentes cages et ressort à l'autre extrémité sous la forme d'une bande de tôle, longue parfois de plusieurs centaines de mètres et ayant une très grande régularité d'épaisseur. Elle avance à des vitesses qui atteignent 15 mètres-secondes.

C. Usage de l'oxygène

On connaît le principe du procédé Thomas: la fonte, liquide au sortir du haut fourneau, est versée dans le convertisseur Thomas, où un puissant courant d'air fait brûler successivement le silicium, le carbone, le phosphore et la plus grande partie du manganèse de la fonte.

Mais, pour souffler 1 mètre cube d'oxygène apporté par l'air, il faut introduire 4 mètres cubes d'azote, puisque telle est la composition de l'air. Ces 4 mètres cubes d'azote sont échauffés sans profit et évacués à des températures oscillantes de 1 200 à 1 600 degrés. D'autre part, une partie de l'azote resté à l'état dissous dans l'acier. Or, la teneur de l'acier Thomas en azote est une gêne considérable, pour certains usages particuliers, une infériorité par rapport à l'acier Martin. De là est venue l'idée d'enrichir le vent soufflé en oxygène au lieu d'employer l'oxygène pur. Ce dernier devient donc un résidu-perte à l'égard de la sidérurgie.

D. Destruction des "longes"

Le plus grand chalumeau oxyacétylénique du monde a été mis au point par une firme française. Son débit d'oxygène est de 1 000 mètres cubes à

l'heure. Il permet l'élimination facilement des loupes de convertisseurs, c'est-à-dire l'accumulation de matières diverses sur le bec des convertisseurs lors de la fabrication de l'acier.

E. Fabrication industrielle de la rouille

Il peut paraître paradoxal que l'on s'avise de fabriquer industriellement de l'oxyde de fer, contre lequel, d'habitude, on s'efforce plutôt de lutter, et qui est considéré comme un fléau dans beaucoup d'industries. Une firme américaine a cependant entrepris la fabrication de la rouille à l'échelle industrielle à New-Jersey. Cette maison est spécialisée dans la fabrication des "ferrites", dont la matière première essentielle n'est autre que la vulgaire rouille. Les ferrites sont des matières magnétiques de plus en plus utilisées pour la fabrication des postes récepteurs de télévision, de radio, des machines à calculer électroniques et de l'équipement radar. Les méthodes naturelles de production de la rouille étant tout de même trop lentes pour qu'on puisse en faire un emploi industriel, des ferrailles sont d'abord dissoutes dans un bain acide, chauffées, puis lavées soigneusement lorsque toute la masse est convertie en oxyde et enfin pulvérisées.

c - Métaux non ferreux

Métaux traditionnels

Des innovations techniques importantes et des investissements considérables ont permis d'augmenter fortement la productivité dans le secteur des non ferreux traditionnels (zinc, cuivre, cobalt, étain, aluminium).

Dans les opérations de raffinage du zinc, l'industrie belge a adopté deux procédés nouveaux (procédé par électrolyse et procédé continu du circuit vertical) qui permettent l'obtention d'un métal de haute pureté (99,99 % au minimum).

Dans l'industrie du cuivre, la coulée verticale permet de diversifier les formats obtenus et de les adapter aux besoins variés de la clientèle. Les tolérances de fabrication peuvent atteindre le centième de millimètre pour les dimensions.

L'utilisation de nouveaux procédés, tels que l'emploi de l'air enrichi en oxygène aux fours water-jackets, a augmenté de plus de 40 % la productivité des usines de plomb.

Les nouveaux métaux structuraux

Depuis les développements du génie nucléaire, plusieurs métaux considérés jusqu'à ce jour comme des curiosités, ont été réévalués. Leurs techniques de production ont subi de nombreux perfectionnements.

Zirconium

Symbol: Zr.

Numéro atomique: 40

Poids atomique: 91,22.

Extrait de la zirconite par Berzélius en 1824. Métal gris argenté, aux propriétés chimiques et physiques similaires à celles du titane. Il est un des rares métaux qui, dans un réacteur nucléaire, absorbent relativement peu de neutrons. On produit le zirconium dans des fours à arcs, à électrodes consommables, sous vide.

Beryllium

Symbole: Be.

Numéro atomique: 4.

Poids atomique: 9,013.

Préparé en 1828 par Woolher et Bussy.

Synonyme: glucinium.

Propriétés les plus importantes du point de vue nucléaire: haute résistance aux températures élevées, bonne résistance à la corrosion par l'anhydride carbonique et très faible absorption de neutrons. Pour produire un métal possédant des propriétés mécaniques supérieures, particulièrement en ce qui concerne la ductilité, on a recours à la métallurgie des poudres. Le lingot coulé est transformé en copeaux puis broyé en poudre fine. Cette dernière est ensuite versée dans des moules en graphite et solidifiée à haute température sous vide.

Hafnium

Symbole: Hf (de Hafnia, non latin de Copenhague).

Numéro atomique: 72.

Poids atomique: 178,6.

Découvert en 1922 par D. Coster et Georg von Hevesy.

Ce métal se présente toujours en association avec le zirconium, mais il possède de nombreuses caractéristiques; mais, il absorbe très facilement les neutrons.

Métaux spéciaux:

Les alliages de niobium résistent à l'oxydation jusqu'à des températures de plus de 1 200 ° C: on les utilise à la fabrication des ailettes de turbine à jet d'avion.

Le vanadium (tout comme le niobium) possède d'excellentes propriétés de ductilité. Ces deux métaux intéressent la construction nucléaire par leur compatibilité avec l'uranium et les métaux liquides.

Nous classerons dans la catégorie des métaux spéciaux l'uranium nucléaire pur (qui peut être préparé par l'industrie belge).

Le germanium (Ge; poids atomique: 60,72) était peu connu avant la deuxième guerre mondiale. Les recherches ont multiplié les usages de ce métal: électronique comme redresseur de courant, et dans la fabrication de diodes et transistors. Notons que la Belgique a été la première en Europe à réaliser la fabrication du germanium, dont elle est devenue le producteur le plus important du monde.

Le zirconium (ou le niobium) produit en Belgique, principalement au mini-
mum de l'Isidur.

Depuis 1945, après la première guerre mondiale, la Belgique reste de
loin le plus important producteur de radium. Quant au sélénium de qualité
électronique, il est destiné à la fabrication de redresseurs de courant.

Titane

Symbole: Ti.

Nombre atomique: 22.

Poids atomique: 47,90.

Métal aussi résistant que l'acier, (tout en ayant que la moitié
du poids spécifique de ce dernier) qu'il est possible de le travailler à des
températures plus élevées que celles utilisées dans la métallurgie des mé-
taux légers traditionnels. Notons aussi la résistance remarquable du titane
à la corrosion, ainsi/ses propriétés électrochimiques.

que

La résistance exceptionnelle du titane à la corrosion (provoquée
par les milieux agressifs les plus divers) provient du film d'oxyde stable
et adhérent qui se forme rapidement sur sa surface au contact de l'air.

La construction aéronautique et le génie chimique et électrochimique
font largement appel au titane. En général, le titane commercialement pur est
utilisé dans les cas où il n'est pas soumis à des efforts mécaniques. Pour
les pièces sujettes à des efforts (ailettes de compresseurs, disques, segments,
pièces forgées, systèmes de fermeture, etc.), on recourt aux alliages de ti-
tane (de haute résistance).

En chimie, on emploie le titane (qui est relativement coûteux) sous
la forme de minces feuilles de revêtement dans des réservoirs en aciers et
en fonte (qui doivent résister à l'attaque d'agents de corrosion).

Les pièces fabriquées en titane massif comprennent: des vannes, des
rotors de pompes, des agitateurs, des ressorts pour compresseurs d'air, des
fermeurs de chaudière, etc.

Les anodes (non consommables) en titane, recouvertes d'une faible
couche de platine, possèdent tous les avantages du platine massif (mais le
prix de revient en est moins élevé).

Signalons que le titane remplace avantageusement les aciers inoxy-
dables utilisés pour la fabrication des prothèses chirurgicales.

Un constructeur américain a calculé que l'emploi généralisé du ti-
tane pour les écrous, boulons et rivets qui entrent par milliers dans la
construction d'un avion de transport, permettrait d'accroître de quelque
225 kg le charge payante.

Titane et ses alliages

Le zirconium est utilisé industriellement pour cela que son oxyde est un
isolant.

Le platine est employé partout où il y a étincelle. C'est le cas des bougies des moteurs à explosion. Les électrodes des bougies de moteurs d'avion sont en platine massif.

Enfin, le colombium entre dans la composition des alliages inoxydables pour stabiliser le carbone dont une teneur trop importante pourrait rendre le métal cassant.

Deux exemples de fabrication métallurgique

1. La métallurgie du cuivre au Katanga

Minéralisation du cuivre

Oxydée

- Malachite (carbonate hydraté de cuivre) de couleur verte.
- Chrysocolle (silicate hydraté de cuivre) de couleur bleue.

Sulfurée

- Chalcoprite, de teinte jaunâtre, et bornite, de couleur gorge de pigeon (plus ou moins de cuivre et de fer).
- Chalcosine (sulfure de cuivre) de couleur grise.

Difficultés du début

Les gisements reconnus au Katanga étaient d'une grande richesse, mais situés dans une région vierge, pauvrement peuplée, à quelque 2 000 km de la côte et à 700 km du nord du terminus ferroviaire le plus proche.

Alors que dans la plupart des autres mines du monde, l'exploitation ne portait à l'époque que sur des minerais sulfurés, les gisements de surface du Katanga présentaient une minéralisation oxydée. Il fallait donc étudier et mettre au point un traitement métallurgique nouveau. D'autres problèmes se posaient de façon pressante: celui de l'approvisionnement en coke, qui, dans les débuts, dut être importé d'Europe, celui du recrutement, affecté par la pauvreté de l'hygiène et des ressources agricoles, celui enfin de la production de force motrice.

Enrichissement

Les minerais extraits subissent une concentration. Une moitié environ de la production de métal, obtenue au départ de minerais oxydés, est produite aux usines de Jadotville-Shituru sous forme de cuivre électrolytique; l'autre moitié, qui résulte d'un traitement thermique à la fonderie de Lubumbashi de minerais sulfurés mélangés à de faibles quantités d'oxydés, est exportée sous forme de cuivre brut et raffiné en Belgique dans les installations de la Société Minière Métallurgique de Hoboken.

Évolution de la métallurgie

Les procédés métallurgiques ont beaucoup évolué depuis la fondation de l'Union Minière du Katanga (créée le 28 octobre 1906).

À ses débuts, la Société fut naturellement amenée à traiter uniquement le minerai riche. La fusion s'opérait dans des hauts fourneaux à cuivre du type water-jacket, ainsi appelés parce que leurs parois sont constituées de caissons métalliques refroidis par circulation d'eau.

Malheureusement, les minerais étaient difficiles à fondre en raison du caractère siliceux de leur gangue, qui entraînait une consommation prohibitive de coke.

Ces difficultés prévalurent pendant les dix premières années.

Les conditions économiques de production du cuivre purent toutefois être améliorées grâce à un abaissement du coût du combustible lorsqu'il pu être obtenu en Rhodésie du Sud.

Par la suite, l'épuisement des minerais oxydés riches conduisit à la mise au point de procédés de concentration des minerais à moyenne teneur qui permit d'améliorer considérablement le coût de la production.

La mise en exploitation de la Mine Prince Léopold devait modifier profondément la métallurgie thermique, telle qu'elle était pratiquée jusqu'alors. Les fours furent alimentés en proportion croissante par des minerais et concentrés sulfurés contenant du cuivre et du zinc, les opérations métallurgiques étant menées de façon à faire passer ce dernier métal dans les scories. Les concentrés oxydés que cette évolution de la métallurgie rendit disponibles furent tout d'abord traités dans une usine de fours à réverbères situés à Panda. Puis, après l'abandon de ce procédé, à l'usine de lixiviation (lavage destiné à extraire les parties solubles) et d'électrolyse (décomposition des sels de cuivre, en l'occurrence par l'électricité) de Shituru, dont l'alimentation avait consisté jusqu'alors en minerais bruts.

Des minerais de cuivre riches en cobalt furent, dès 1924, traités par voie thermique dans les fours électriques de la fonderie de Panda.

Le souci d'exporter des produits de plus en plus purs a conduit à la mise en service à Lubumbashi, en 1945, d'une installation de convertissage des mattes de cuivre.

Cette même année, fut mise au point la production de cobalt électrolytique à Shituru.

Les procédés de concentration des minerais oxydés, pratiqués depuis 1927, ont fait l'objet de progrès continus, notamment grâce au développement des techniques de flottaison, réservées auparavant au traitement des minerais sulfurés.

2. Métallurgie de l'uranium et du radium

Nous prendrons comme exemple la métallurgie du Katanga.

Minéralisation

Du minerai d'uranium-radium est exploité à la mine de Shinkolobwe. Le radium accompagne l'uranium dans la proportion d'une partie de radium pour

des dizaines de millions de parties d'uranium.

Le minéral primaire est l'uraninite (noire) souvent appelé pebblestone. Les minéraux d'altération sont reconnaissables à leurs teintes vives où dominant l'orange, le rouge, le brun, le jaune et le vert; chalcocite ou torbernite (phospho-uranate de cuivre), curite (uranate de plomb), kasolite (silico-uranate de plomb), schoopite (oxyde d'uranium).

Traitement

Les minerais sont concentrés mécaniquement et envoyés par rail à une usine située en tête des puits de la mine. Les concentrés uranifères sont exportés pour transformation en oxyde ou en métal; les résidus radioactifs de cette opération sont traités en Belgique pour récupération du radium.

I. INDUSTRIE CHIMIQUE

Tableau des produits de l'industrie chimique

I. La grande industrie chimique

- Chlorure de sodium;
- Chlorure de potassium;
- Air liquide;
- Produits azotés; ammoniac, sels ammoniacaux (nitrate, chlorure, phosphate, perchlorate, sesquicarbonate d'ammonium), cyanamide calciné, acide nitrique (ou azotique), nitrates synthétiques;
- Acide sulfurique et sulfates;
- Acide chlorhydrique;
- Phosphates de chaux (communs);
- Chlore; hypochlorites; chlorates et perchlorates;
- Industrie de la soude;
- Industrie de la potasse.

II. Poudres et explosifs

- Carbo-coulat.

III. La petite industrie chimique minérale

- Hydrogène, oxygène, fluor, brome, iode, soufre, sélénium, phosphore, eau oxygénée, anhydride carbonique, sulfure de carbone, carbure de calcium, graphite, etc.

IV. Les industries des produits organiques

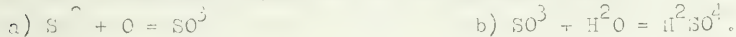
- Produits volatils de la distillation de la houille du bois et du pétrole;
- Synthèse organique;
- Matières colorantes et teintures;
- Produits pharmaceutiques;
- Parfums;
- Produits photographiques;
- Corps gras, cires, savons, détergents;
- Résines, etc.

Les produits chimiques étant très nombreux, nous avons dû nous borner à l'essentiel de la fabrication de quelques produits caractéristiques.

Préparation de l'acide sulfurique

L'acide sulfurique est un des produits de base de l'industrie chimique. Il est utilisé en quantités considérables dans des domaines très divers.

Pour sa préparation, on part de l'anhydride sulfureux (SO^2) auquel on fait subir une oxydation et une hydratation:



Industriellement, on utilise deux procédés:

1. Procédé par catalyse fluide

Il consiste à oxyder le gaz sulfureux par l'oxygène de l'air, en présence d'eau et de composés oxygénés de l'azote (vapeurs nitreuses) qui interviennent comme catalyseurs (transporteurs d'oxygène).

La réaction s'effectue dans de vastes chambres de plomb (capacité 6 000 à 10 000 m³) dans lesquelles on introduit le mélange de SO^2 d'air, de vapeurs nitreuses et d'eau (vapeur d'eau ou eau pulvérisée). On obtient, par ce procédé, des acides sulfuriques à 50° et à 50° Baumé (60 % et 70 % de H^2SO^4); par concentration sous vide, on prépare l'acide à 66° Baumé (95 à 98,5 % de H^2SO^4) qui est l'acide le plus courant.

Dans le procédé Matignon-Kachkaroff, les volumineuses chambres de plomb sont remplacées par des "réacteurs" cylindriques en acier doux de dimensions beaucoup plus réduites.

2. Procédé dit de contact

Il utilise l'oxydation catalytique de SO^2 en SO^3 (anhydride sulfurique), suivie de l'hydratation de ce dernier. On l'emploie pour obtenir l'acide concentré à partir des acides dilués et pour la préparation des oléums (acides sulfuriques fumants ou acides de Nordhausen dont la concentration dépasse 60°).

Nitrate de soude NO^3Na

Préparation - Se trouve en vastes gisements le long de la côte du Pérou spécifique au Chili. On l'extrait à la mine, les blocs de caliche extraits contiennent, à côté du salpêtre, du chlorure de sodium, du sulfate de soude, du sulfate de chaux et des sels divers parmi lesquels des sélénites de Na . On traite méthodiquement ce minerai par l'eau et, par cristallisation, on obtient un salpêtre à 95-96 % de richesse, la plus grande partie de restant étant constituée par du chlorure de sodium. On peut le purifier encore, en l'arrosant avec de l'eau pure qui entraîne le sel.

Eau oxygénée H^2O^2

Préparation - L'industrie ne prépare pas le produit pur, stable sou-

leurt sous la forme de fines aiguilles. Pour les produits qui lui sont demandés (10 à 20 volumes), on a recours à la décomposition d'un sel peroxydé, soit à l'électrolyse.

a) Décomposition d'un peroxyde, le Baryum Ba O², par exemple. - A l'aide d'un acide, phosphorique ou fluorhydrique.



On part, par exemple, de 50 litres d'acide phosphorique (densité 1,7) 130 kilos de Ba O² à 85 % l'eau oxygénée produite titre 15 à 16 % d'oxygène. Quant au phosphate de baryte, traité par l'acide sulfurique, il régénère l'acide phosphorique.

Si l'on remplace BaO² par Na²O², il faut éliminer la soude libérée. On emploie l'acide fluorhydrique additionné d'alumine, le sodium précipité à l'état de carbonate Na²CO³.



b) Décomposition d'un persel (P) - Le persulfate de potasse traité par l'acide sulfurique donne de l'eau oxygénée.



On distille dans le vide pour séparer l'acide. On obtient H²O² à 20 % d'oxygène.

c) Par électrolyse. - On électrolyse une solution d'acide sulfurique à 1 % maintenue sous une pression de 50 atmosphères d'oxygène qui oxyde l'hydrogène dégagé à la cathode.

Courant de 6 ampères par centimètre carré sous 2 volts.

Le produit obtenu distillé sous 60° sous pression réduite (6 à 7 centimètres) donne une eau oxygénée concentrée à 100 volumes.

En ajoutant à cette eau concentrée et maintenue à 0° C. la moitié de son poids d'urée, on obtient une poudre qu'on additionne d'un peu d'acide borique ou citrique. Le produit séché à 40° contient 25 à 35 % d'H²O². Avec l'eau on arrive avec ce produit solide à libérer l'eau oxygénée.

Fabrication du savon

1. La fabrication du savon dur, dit de Marseille, comprend les opérations suivantes : on fait bouillir la matière grasse dans de grandes chaudières avec une lessive alcaline faible. On obtient ainsi une saponification partielle; puis, on ajoute une lessive plus concentrée qui complète la saponification en formant un savon soluble (empâtage). On ajoute alors des lessives alcalines salées et le savon remonte à la surface car il est insoluble dans l'eau salée; on le opération par le non le relargage. On fait écouler

(1) PERSEL : Combinaison d'un acide avec un peroxyde. Les persels sont des substances oxygénées; leur décomposition au contact de l'eau engendre de l'eau oxygénée.

Le liquide, on ajoute des lessives salées plus concentrées, et l'on fait bouillir (coction). La saponification se trouve ainsi terminée sans que le savon puisse se dissoudre dans la liqueur salée. Le savon ainsi préparé est coloré; il doit sa couleur à de l'oxyde de fer. Pour préparer le savon blanc, on délaye le savon brut dans une quantité d'eau beaucoup plus faible; on obtient une séparation fragmentaire des savons à base de fer particulièrement sulfurés qui se distribuent dans la masse en veines irrégulières, et l'on prépare ainsi le savon marbré.

La fabrication du savon de toilette comprend deux parties : la préparation de la pâte, et le traitement mécanique au cours duquel on incorpore le parfum et la couleur.

Les savons en poudre sont obtenus en râpant le savon sec et en le tamisant.

2. La fabrication du savon mou est moins soignée. Dans des chaudières de plusieurs hectolitres, chauffées à feu nu, on met un peu de lessive faible, puis de l'huile; on chauffe en agitant, on ajoute peu à peu de la lessive plus forte et on donne un coup de feu à la fin. On coule ensuite. Ce savon contient donc du savon, de l'eau, de la glycérine; il est coloré en noir ou en vert.

3. La fabrication du savon en continu. Afin d'améliorer les contacts des matières en présence, on émulsionne l'eau dans l'huile. Il suffit dès lors d'amorcer la réaction à l'origine d'un écoulement continu de l'émulsion pour que la saponification se poursuive d'elle-même; les lavages et les décantages se font également en continu.

Traitement des pétroles bruts

Après leur sortie du puits, les huiles brutes subissent, en premier lieu, une purification d'ordre physique pour être débarrassées des sables et être séparées de l'eau. Ensuite, l'huile brute est distillée et donne des lampants et quelques produits intermédiaires, comme le white spirit et le gas-oil, ainsi qu'un résidu, le fuel oil (mazout, astaki, etc.).

Ce résidu peut être vendu comme huile combustible ou traité à son tour, soit pour obtenir des huiles de graissage, soit pour obtenir pour un cracking plus ou moins prononcé, des essences, des lampants et des huiles paraffineuses. Dans chaque cas, on doit faire subir un traitement chimique aux produits, afin d'éliminer les composés asphaltiques, les produits acides et les bases pyridiques; ils sont également soumis à une épuration physique, dont le but principal est de décolorer les huiles. Enfin, une distillation-rectification conduit, par fractionnements divers, aux produits commerciaux.

Cracking

Le cracking est une décomposition pyrogénée (c'est-à-dire qui est produite par l'action du feu). Les huiles naturelles de pétrole sont formées par un mélange extrêmement complexe d'hydrocarbures et de produits d'étéren, et solution les uns dans les autres. Lorsqu'on chauffe un tel mélange, il se produit, à mesure que la température s'élève, des décompositions de carbures les moins stables, s'accompagnant de réactions secondaires qui provoquent la réaction entre elles des fractions de molécules décomposées. Selon les conditions

physiques et chimiques dans lesquelles s'effectuera l'opération, on pourra donc obtenir des produits très différents pour une même huile traitée. Or, pour être économique, l'opération doit comporter un minimum de carbone libre (coké) et de gaz.

Il a été reconnu qu'une élévation de pression favorisait la rupture de la chaîne près de ses extrémités, c'est-à-dire la production de gaz et de coke. Par suite, les opérations de cracking, pour être avantageuses, devront s'effectuer sous pression.

Malgré l'emploi de catalyseurs appropriés peut aussi permettre la réalisation d'un même équilibre à des températures et à des pressions inférieures. Le facteur temps est enfin de première importance, car la vitesse de réaction, pour ces transformations, est très inégale, et, par suite, à une durée donnée de l'opération correspond un équilibre particulier. Tels sont les principes techniques, d'ordre général, qui vont gouverner les opérations de cracking.

En résumé, le cracking est un mot anglais passé dans la langue française pour désigner les méthodes de transformation des huiles lourdes de pétrole en essence.

C. FABRICATION DU CIMENT

Matières premières

Les matières premières du ciment artificiel sont l'argile et le calcaire pur, ou plus ou moins mélangés l'un à l'autre. Toutes les roches argilo-calcaires sont donc susceptibles d'intervenir dans la fabrication du ciment, si, par mélange, on peut obtenir de 21 à 23 % d'argile, et si les fondants (Al_2O_3 et Fe_2O_3) sont en quantité suffisante pour permettre la coagulation de la chaux et de la silice.

Des ciments artificiels s'obtiennent dans le Tournaisis par des mélanges appropriés de divers calcaires.

Des ciments artificiels s'obtiennent également par mélange de craies et d'argiles ou de schistes. Les craies utilisées sont celles du Sénonien, tant dans le bassin de la Seine qu'en Hollande et sur la rive gauche de la Meuse aux environs de Liège.

Les argiles pliocènes (Campine anversoise) sont exploitées aux environs de Beersse et le long du canal de la Campine, pour la fabrication de briques et de poteries. Elles étaient aussi utilisées pour la fabrication du ciment. Toutes les cimenteries de cette région ont néanmoins été fermées.

Les variétés exemptes de fer des argiles dites d'Andenne sont utilisées pour la fabrication de ciments dit « blanc-bleu » (gris, et gris blanc). Elles sont employées dans le Condren et l'Entre-Sambre et Meuse, ainsi qu'à Saint-Hure, Vedrin et Cognolée.

Des calcaires de Houillies (à Thury) sont également employés pour la fabrication du ciment.

Fabrication du ciment

I. Ciments naturels

Ils sont obtenus par la cuisson de calcaires argileux naturels, plus riches en argile que les calcaires servant à fabriquer les chaux hydrauliques, et contenant au moins 25 % d'argile.

La cuisson se fait en four à cuve droit, à température modérée. Au-dessous de 1 000 degrés, on obtient des ciments à prise rapide; à une température plus élevée on a des ciments à prise lente.

II. Ciments artificiels

Les ciments artificiels (appelés aussi ciments Portland) sont obtenus par la cuisson jusqu'au commencement du ramolissement d'un mélange composé de silico-alumine, carbonate de calcium, de silice, d'alumine et d'oxyde de fer. La cuisson s'effectue généralement au four droit; on obtient jusqu'à 1 000 et 1 500 ° C.

Les fours à cuve utilisés sont coniques et rotatifs; leur forme est en général légèrement évasée vers le bas, afin de faciliter la descente des matières solides. Ils peuvent des matières crues à la base du four est facilitée par l'emploi d'une cuve rotative. On préfère parfois le four rotatif, malgré sa dépense plus élevée en combustible qui peut atteindre le double du four droit. Son principal avantage est d'assurer, par la rotation continue, une cuisson régulière.

La réaction du ciment comprend l'extinction d'une faible quantité de chaux restée libre, la brucite, le durage, le plâtrage (qui consiste en l'extinction de quelques parties de sulfate ou de gypse pendant le refroidissement de la masse).

D. FABRICATION DU VERRE

Fabrication classique du verre

Les matières qui doivent entrer dans la composition du verre, mélangées en détail avec les sables de verre semblable, sont soumises sous la pression d'un tourneau circulaire à une première calcination, appelée fritte, qui détermine un commencement de combinaison. La masse frittée est introduite dans des creusets en terre réfractaire, chauffés au rouge vif, dans la partie centrale du four.

Le mélange fritté est soumis au soin d'enlever les matières étrangères, qui tiennent à la surface sous une couche (fiel du verre). Quand la terre fritte est transformée en verre, l'affinage est terminé.

Après la première cuisson, on chauffe par de l'oxyde de fer, ou le sulfate de fer l'addition d'un peu d'oxyde de cobalt (parci des verrières).

Quand on a enlevé le fiel par de la houille, on écrit la coloration que produisent le fer, et on chauffe dans des creusets couverts, dont l'oxydation

des fours à gaz ou à charbon.

Les fours ordinaires sont souvent remplacés par des générateurs à oxygène et système de récupération de chaleur (fours Siemens, Bostins, etc.).

Travail du verre. - Quand le verre est affiné, on le puise dans le creuset à l'aide d'une canne creuse, pour le travailler par soufflage ou par moulage, et, le plus souvent, par les deux procédés à la fois, comme dans la fabrication des bouteilles.

Fabrication moderne du verre.

La fusion du verre se faisait jadis soit dans des fours à creusets, soit dans les grandes productions, dans des fours à bassin. Les fours de travail, jadis chauffés au bois ou à la houille, sont aujourd'hui à gaz et à charbon tempéré (système Siemens).

Depuis on utilise les fours à bassin (marche continue), la composition du verre est à la limite de la transparence (loghouse); le verre, chauffé par les courants d'air qui s'échappent, peut être travaillé dans les conditions les plus défavorables de refroidissement.

Le verre à boire se faisait jadis surtout par soufflage d'un creuset, on reprenait en suite les ébauches dans un cylindre tournant, puis on étendait le cylindre sur un plan lisse dans un banc de roulers. Aujourd'hui on remplace le soufflage du creuset par l'éclairage mécanique au verre (procédés Fourcault, Windward, etc.).

Les bouteilles et flacons jadis soufflés dans des moules sont aujourd'hui soufflés à la machine.

Le travail des glaces s'effectue sur des plates-formes circulaires, à marche continue.

Verre.

Le verre une fois fabriqué est recuit ou recuit, c'est-à-dire qu'on le réchauffe au rouge sombre dans un four, où il met ensuite vingt-quatre heures à se refroidir, on évite ainsi les irrégularités du retrait et, par suite, la fragilité du verre refroidi avec cette précaution.

Verre à vitres et à glaces.

Le creuset soulevé à l'aide d'une grue est amené au-dessus d'une table tournante chauffée, on y verse le verre. On l'étend à l'aide d'un cylindre tournant, puis on roule sur des cylindres à la glace sa longueur et son épaisseur, on peut ainsi faire des glaces de toute dimension. Les glaces sont ensuite lavées et séchées à l'air, puis collées au colcofer (1).

(1) Le colcofer est un composé de fer et de plomb, de Prusse; rouge chimique; on l'utilise dans un colcofer à l'aide d'un colcofer ferreux. C'est un produit chimique qui sert à coller le verre.

E. INDUSTRIES DIVERSES

a - Industrie textile

1. La filature

On divise l'industrie de la filature en deux grandes classes: la filature des textiles tels que la laine, le coton, le lin, la chanvre, etc.; en second lieu, la filature de la soie provenant des cocons.

A) On admet généralement que les fabrications de la première classe comportent quatre opérations principales:

- 1° Les préparations du premier degré, englobant les diverses manipulations et les traitements mécaniques que subissent les fibres textiles, dans le but de les nettoyer, de les démêler en les redressant, de manière à faciliter le battage, le cardage et le peignage qui viennent ensuite.
- 2° Les opérations dites du second degré comprenant les préparations de ces mêmes textiles ayant pour objet la réunion des filaments qui les constituent, la formation de rubans continus que l'on ajoute progressivement les uns aux autres afin d'augmenter l'homogénéité et aussi la finesse du ruban unique provenant de ces manutentions, dans lesquelles rentrent l'étirage, le doublage, le passage au banc à brocher.
- 3° Le travail de filature rentrant dans la catégorie des préparations du troisième degré se compose principalement du filage, qui transforme la matière textile, grâce à l'emploi du métier à filer, en fil parfait.
- 4° Enfin, les dernières opérations, ou préparations du quatrième degré, donnent au fil la forme dernière qui le rend commercialement marchand. On obtient ce résultat en procédant au dévidage, puis à l'emballage du fil.

B) La filature des cocons de vers à soie comprend les opérations nécessaires pour assembler un certain nombre de fils simples en un seul, puis celles qui s'appellent filage de la soie ou, mieux, dévidage. Ces dernières laissent un fil plus gros et plus résistant mais non tordu, qu'on appelle fil grège ou fil écru. Le moulinage, qui succède au dévidage, a pour but unique d'imprimer une torsion voulue aux fils grèges avant qu'on ne les soumette à l'ébullition dans les liquides susceptibles de dissoudre la gomme imprégnant les fils, afin de leur donner un brillant caractéristique, tout en les rendant aptes à absorber les substances tinctoriales et à s'en imprégner.

La dernière opération du travail de la filature de la soie transforme les déchets ou bourres provenant des manutentions précédentes en fils utilisables. On obtient le résultat désiré en traitant ces déchets comme les textiles ordinaires: laine, lin, coton.

Filage des matières textiles artificielles

Le filage se fait en forçant la solution de matière textile (viscose, soie Chardonnet, etc.), sous pression (4 kilogrammes par exemple) à travers des filières en verre (2/10 de millimètre de diamètre intérieur et 5 milli-

mètres de longueur, par exemple). Ces filières sont de plus "trépôts".

Les fils

1. Fils simples - Fils d'un seul brin obtenus par juxtaposition et torsion de fibres textiles. Ce brin peut être composé de deux ou plusieurs mèches de couleurs différentes, réunies aux bords et, par conséquent, n'ayant subi individuellement aucune torsion préalable.
2. Fils retors - Toute réunion de fils simples par une torsion constitue un fil retors.
3. Fils gazés - Fils (simples ou retors) ayant subi l'opération du flambage, afin de les débarrasser des bouts de fibres qui leur donnent l'aspect pelucheux.
4. Fils mercerisés - On entend par mercerisés les fils (simples ou retors) qui ont subi, sous tension, un traitement à la soude caustique. Le mercerisage donne aux fils un bel éclat soyeux, tout en augmentant leur résistance et leur aptitude à fixer les colorants colorés.
5. Fils glacés - Sont considérés comme glacés, les fils qui ont reçu un apprêt spécial par trempage dans un bain contenant de l'acide d'eau, d'amidon ou de fécule et de cire saponifiée, avec addition de gélatine de lièvre ou de matières similaires. Cet apprêt donne l'éclat au fil qui est ensuite lustré par l'action de rouleaux polisseurs à rotation rapide.

2. Le tissu

Un tissu résulte de l'entrecroisement du fil de chaîne et du fil de trame.

Les fils parallèles à la longueur s'appellent fils de chaîne.

Les fils perpendiculaires à la longueur s'appellent fils de trame.

Une longueur de fils de trame sur la largeur de l'étoffe s'appelle une duite.

Le fil de chaîne est dit fil pris quand il est enveloppé du fil de trame, il est dit fil lâissé quand il est au dehors.

Pour la chaîne, on choisit des fils forts; pour la trame, il n'est pas nécessaire d'avoir des fils aussi résistants.

On appelle crure le nom d'un rassemblement de fils.

Les tissus

1. Tissu - Le mot tissu, dans son sens le plus général, désigne tout genre de ouvrages tissés à chaud ou à froid. Dans sa description la plus large, il désigne ouvrages ou produits obtenus par les fils ou les éléments textiles.

2. Tissus d'apprêt - Tissus préparés spécialement avec des matières

Jacquard et présentant des dessins variés, ordinairement de grandes dimensions avec motifs tels que ramages, fleurs, bouquets, etc.

3. Tissus brochés - Tissus qui présentent des dessins ou orfèdes résultant de l'emploi d'un ou de plusieurs fils (brocheurs) indépendants du tissu de fond, de sorte que l'on peut enlever le fil du dessin sans détruire le tissu.

4. Tapis de pied - On entend par tapis de pied, les étoffes qui par leur mode de fabrication, par leur solidité, par le dessin et les rayures qu'ils présentent, doivent évidemment servir à recouvrir les parquets, les escaliers, etc. qu'ils soient fixés ou non.

Métiers à tisser

Ils sont de deux sortes:

- a) Le métier renvideur ou self-actin, (jadis appelé mule-jennys) dans lequel la torsion et le renvidage sont successifs et automatiques. (Renvidor, c'est enrouler sur les bobines, l'aiguillée de fil obtenue par le métier à filer ou par le renvideur mécanique.)
- b) Les métiers continus (à anneau ou à ailettes) dans lesquels la torsion et le renvidage sont simultanés.

b - Industries alimentaires

Elles sont nombreuses. Citons:

1. La farine et ses préparations: meunerie, boulangerie, biscuiterie, pâtes alimentaires;
2. Amidonnerie et féculerie: le commerce a l'habitude d'appeler fécule, l'amidon provenant des organes souterrains des plantes (racines, tubercules: pommes de terre) et amidon, celui qui provient des organes aériens et spécialement des graines;
3. Rizerie et semoulerie;
4. Graisses alimentaires (margarine, graisses végétales, hydrogénation des huiles);
5. Huilerie (extraction et traitement des huiles);
6. Laiterie et fromagerie;
7. La viande et ses préparations (abattage, boucherie, charcuterie, conserves de viandes);
8. Sucrerie;
9. Boissons (alcool, vin, bière);
10. Vinaigrerie et moutarderie;
11. Poissonnerie (poissons, mollusques, crustacés).

Dans les pages qui suivent, nous traiterons quelques industries en particulier.

La viande et ses préparations

Abattage et abattoirs - On appelle abattoirs, les établissements où l'on abat et prépare les animaux destinés à la consommation.

Les animaux ou parties d'animaux reconnus impropres à la consommation par les vétérinaires, sont saisis et livrés à l'équarisseur qui découpe et classe les achats dans l'endroit spécial appelé clos d'équarissage, en vue de les vendre aux industries qui les utilisent.

Le sang du porc est utilisé pour la confection du boudin ; celui des autres animaux est employé pour le collage du vin, de la bière, etc. pour clarifier les sirops, pour fabriquer les engrais.

La viande séchée sert à faire des biscuits pour la nourriture des animaux (chions, etc.)

Les os sont utilisés par diverses industries: colles et gélatines, noir animal, engrais.

La graisse fondue est vendue aux savonneries.

Boucherie - La boucherie a pour objet le débit et la vente des grands animaux destinés à la consommation (bœufs, vaches, veaux, moutons, chevaux, ânes et mulets). Les animaux sont conduits à l'abattoir et sacrifiés suivant différents procédés.

Après l'opération de l'abattage proprement dit, l'animal est dépouillé (l'opération étant facilitée par l'insufflation d'air entre cuir et chair) et on lui enlève les pieds ou les pattes, puis, ouvert et vidé, il est généralement partagé en deux moitiés symétriques (quartiers).

Les abats vont à la triperie; les cornes, pieds, peaux, sont vendus à part.

Charcuterie - On donne le nom de charcuterie à un ensemble de produits alimentaires composés de viandes préparées, à la base desquelles se trouve la viande de porc.

Les procédés employés industriellement pour la préparation de la charcuterie sont des plus variés: le froid, le salage, la dessiccation, le fumage, la cuisson, l'enrobage (enveloppement dans une graisse), la stérilisation (ou pasteurisation).

La première de toutes les salaisons est toujours le jambon, comme au temps de l'artisanat.

Le saucisson sec, qui était autrefois spécialement préparé dans la région lyonnaise, est maintenant fabriqué partout.

Parmi les autres fabrications, nous citerons: les andouilles et les andouillettes, le pâté de foie, les pâtés de viandes, les confits, les bacons (filots de porc fumés), les fromages de tête, etc.

Conserves de viande - Plusieurs procédés sont employés pour conserver la viande: dessiccation, salage, enrobage, action du froid. Les conserves de viande proprement dites sont préparés d'après le procédé Appert: blanchiment ou cuisson, mise en boîte, stérilisation (à l'autoclave, 115° à 120°).

Schéma de fabrication du sucre de betterave.

(cossettes)

Les betteraves sont débitées en menus morceaux. Ceux-ci sont mis en contact avec l'eau. L'eau sucrée recueillie est épurée. On filtre les jus sucrés troubles, on les concentre dans des appareils d'évaporation et on obtient le sirop, dont on pousse la concentration jusqu'à cristallisation dans des chaudières à cuire. Les cristaux sont essorés dans des turbines, et lavés.

La décoloration du jus sucré, effectuée jadis au noir animal ou charbon animal (os calcinés en vase clos), a été remplacé par l'action du gaz sulfureux (SO₂) dans des appareils spécialement aménagés dits "appareils de sulfitation".

Le raffinage consiste à fondre le sucre brut pour séparer les dernières traces d'impuretés et obtenir les formes commerciales.

Parmi celles-ci, le sucre en pain est remplacé, depuis 1900 environ par le sucre en plaquette et le sucre scié (sucre de table en morceaux).

Schéma de la fabrication du sucre de canne

Les cannes, coupées, effeuillées, pelées, débitées en morceaux d'un mètre à un mètre et demi de longueur, sont jetées dans un moulin et défilées entre deux cylindres broyeurs.

Les tiges pressées s'appellent bagasses.

Le jus de la canne ou vesou est beaucoup plus pur que celui de la betterave et, de ce fait, il peut cristalliser tel quel, sans épuraton.

Fabrication de la bière

Préparation du moût - On peut préparer le moût de bière par deux méthodes différentes: infusion ou décoction (brassage).

Infusion - Le malt mouillé est empâté avec de l'eau froide et épuisé ensuite avec de l'eau chauffée. La température de la masse ne doit pas dépasser 50 à 55° C.

Quand la saccharification est complète, on soutire et on lave en drêche avec de l'eau portée à 60° et plus.

(On appelle drêche le résidu de l'orge après soutirage du moût dans les brasseries. Elle est utilisée pour la nourriture des bestiaux.)

Décoction - On opère l'empâtage à l'eau froide et on porte ensuite

le moût à ébullition avec le houblon. On refroidit rapidement et fermente avec la levure.

Fermentation - On distingue deux sortes de fermentations: la fermentation haute et la fermentation basse.

a) Fermentation basse: Le moût houblonné, refroidi et ensemencé, peut être soumis à la fermentation basse dans laquelle la température ne dépasse pas 4 à 5°. Ce procédé donne les bières les plus fines et les plus estimées (bières allemandes et autrichiennes, Munich, Pilsen, etc., bières de garde).

b) Fermentation haute: Dans la fermentation haute, on laisse s'élever la température de 15° à 22° C. (bières anglaises, ale, porter, stout, bières françaises du Nord et bières belges, lambic, faro, etc.).

Dans les deux manières de procéder, on clarifie ensuite par filtration ou collage.

(Le collage a pour but de clarifier la bière - où le vin - en précipitant les matières en suspension qu'elle contient, par l'addition de diverses substances: blanc d'oeuf, gélatine, colle de poisson, etc.)

La conservation de la bière est délicate. On l'assure par l'alcoolisation, l'antiseptisation (acide sulfurique et bisulfites alcalins) et, enfin, la pasteurisation en vase clos à 50-55°.

Quelques améliorations techniques récentes apportées à la fabrication de la bière (1)

1. L'installation de chaudières à vapeur à plus haute pression pour la cuisson des moûts. Cette substitution permet l'emploi de turbines pour la production de force motrice avec utilisation de la vapeur d'échappement pour le chauffage;
2. Le moût sort de la cuisson à une température comprise entre 50 et 80° et doit être refroidi à moins de 18° avant d'entamer la fermentation. Un progrès notable a été réalisé dans cette opération par le remplacement des réfrigérants à ruissellement du type Baudelot, par des réfrigérants hermétiques à plaques, permettant une large récupération de calories pour le chauffage des eaux de brassage, et assurant ainsi une stérilité complète des moûts.
3. L'installation de caves de fermentation en acier émaillé ou acier inoxydable permettant la récupération de l'acide carbonique et sa liquéfaction pour la vente en bonbonnes.
4. L'introduction des filtres à kieselguhr et plaques filtrantes ainsi que des centrifugeuses.

(1) Quinze ans de progrès industriel (publication de la Fédération des industries belges, 1960).

c - Fabrication du papier

Pâtes à papier

Le papier est un feutre de fibres courtes de cellulose.

Les matières cellulosiques les plus employées pour sa fabrication sont les chiffons, le bois, la paille et quelques matières secondaires (alfa, bambou, ramie, mûrier à papier).

Pâte de chiffon - Les chiffons utilisés dans la fabrication du papier sont ceux du coton, du lin et du chanvre. On peut aussi se servir de tissus mixtes (laine et coton) après en avoir séparé la fibre animale.

Les chiffons, dégraissés et lessivés, sont déchiquetés et réduits en pâte; en même temps que lavés dans une pile défileuse.

Pâte de bois - La plus grande partie des pâtes à papier est fournie par le bois. On emploie surtout les résineux et, de préférence, le sapin blanc. On utilise aussi en faible quantité le pin, le bouleau, le peuplier et le hêtre.

La pâte est dite mécanique lorsque les fibres du bois ont été séparées par des procédés mécaniques, elle est dite chimique lorsqu'elle a été soumise à un traitement chimique qui élimine les substances autres que la cellulose.

Fabrication du papier

La fabrication du papier comporte les opérations suivantes:

1° Raffinage de la pâte - Il a pour but de rendre la pâte homogène. A cette fin, il faut: dissocier les faisceaux de fibres; les assouplir (en les écrasant); les effilocheo en fibrilles; les gélier partiellement. Ces résultats sont obtenus dans une pile raffineuse. Le collage est destiné à donner au papier une résistance à la pénétration de l'eau et des solutions aqueuses, en particulier de l'encre. Il se fit d'abord avec la colle animale. Aujourd'hui on utilise la résine ou des colles synthétiques.

Quant à la coloration du papier, elle se fait à froid, dans la plupart des cas avant le collage.

Les charges sont des produits insolubles dans l'eau et sont ajoutées à la pâte dans le but de rendre le papier moins poreux, plus opaque et d'en améliorer l'aspect. On utilise, notamment, comme charges le kaolin, le tal, le gypse broyé, le sulfate de baryum et le blanc de titane.

2° Mise en feuille - La pâte des piles raffineuses, la pâte, collée et chargée, est diluée à 1 % pour la mise en feuille. Celle-ci se fit d'abord à la main. Aujourd'hui, on utilise la machine en continu.

d - Industrie forestière

La matière première de l'industrie forestière est le bois sur pied, dont la valeur intrinsèque ne présente pas d'intérêt pratique tant que les produits (bois d'oeuvre, bois de chauffage ou grumes) ne peuvent être sortis du parterre de coupe et amenés au lieu d'emploi.

L'aménagement d'une forêt consiste à régler son exploitation, c'est-à-dire, à choisir le régime forestier auquel elle sera soumise de façon qu'elle donne à son propriétaire un rendement annuel et soutenu le plus avantageux possible.

On pratique trois espèces d'aménagements: en taillis, en futaie et en taillis sous-futaie.

L'abattage des arbres se fait à la hache, à la scie, à la foudre, à la dynamite, etc. Souvent, à l'heure actuelle, on effectue mécaniquement l'abattage des arbres (scie alternative, circulaire, tarière; chaîne fraiseuse; scie-rabot; fil d'acier).

On abat aussi les arbres par le procédé appelé coupe en pivotant, qui consiste à ouvrir une tranchée autour du pied, à sectionner successivement toutes les racines, puis, finalement le pivot central.
(Voir: Cours de produits commerciaux et industriels: chapitre VIII: Bois.)

e - Industrie de la chaussure

Fabrication de la chaussure

Généralités - La chaussure est la partie du vêtement qui sert à protéger le pied contre le froid, les aspérités du chemin, etc.

Elle comprend de nombreux articles: babouche, botte, bottine, escarpin, espadrille, galoche, mocassin, mule, pantoufle, patin, sabot, savate, snow-boat, soulier, etc.

Variétés de chaussures

1. Les chaussures (faites à la main) sur mesure, adaptées au pied de chaque individu. Elles ont presque disparu devant la concurrence des chaussures fabriquées en série.
2. Les chaussures faites mécaniquement d'après des modèles établis d'avance sur des types moyens de formes. Ce mode de fabrication ne date guère que de la seconde moitié du XIXe siècle.

Parties de la chaussure - La tige, la semelle et le talon.

Schéma de la fabrication

1. La forme est la base de la fabrication de la chaussure. Elle est établie elle-même à l'aide du patron de la semelle dite première, qui est la base sur laquelle viennent se fixer toutes les parties de la chaussure.

2. La forme sert au patronnier pour l'établissement du patron, plan qui représente la surface extérieure de la forme développée sur un plan.
3. Dans l'atelier de coupe, les peausseries servant à la fabrication des chaussures sont débitées à l'aide des patrons des diverses parties de la tige.
4. Dans l'atelier de piqûre on procède à la confection des doublures et à la couture des morceaux composant la tige et la claque (empeigne, la tige proprement dite s'appelant quartier).
5. Dans l'atelier des broches, il est procédé, à la presse et au moyen d'emporte-pièces spéciaux de toutes tailles, répondant aux diverses pointures, à la coupe des diverses parties du dessous: première, deuxième semelle, contreforts, cambrions ou cambrillons (pièces de bois - cuirs, métal ou carton - qui assurent la cambrure de la chaussure), bons bouts, etc.
6. Les semelles découpées à la presse, sont égalisées, renforcées et gravées (c'est-à-dire qu'on pratique une entaille sur tout le pourtour de la semelle, à un centimètre du bord).
7. Les talons sont découpés, tournés puis creusés sur le devant pour former la partie concave appelée gorge.
8. Dans l'atelier du pied s'effectuent les diverses opérations du montage, c'est-à-dire la préparation de la chaussure à la couture de la semelle.
9. Ensuite, on procède à la couture de la doublure.

4 - Garage

D'une façon générale, on appelle garage un lieu couvert, généralement clos, destiné à recevoir des véhicules de toute sorte, à l'exclusion des véhicules hippomobiles (qui sont garés dans une remise).

Plus spécialement, le garage est une entreprise commerciale s'occupant de tout ce qui concerne la garde, l'entretien et les réparations des cycles et automobiles.

Il y a des garages à plain-pied et des garages à étages.

Souvent, le garagiste est concessionnaire des pièces et accessoires d'une marque déterminée.

Il est aussi distributeur d'essence: celle-ci est servie par le pompiste.

Certains garages comportent un local spécialement aménagé pour le lavage des autos.

Parfois, le garagiste n'assure pas la réparation des autos: il n'offre alors qu'un emplacement couvert pour garer les voitures: un parking.

Le compartiment d'un garage servant à loger une voiture automobile est appelé un box (de l'anglais box: boîte).

C - Céramiques

Céramique

Généralités - Le principe de la céramique est de modeler une pâte plastique obtenue par le mélange de certaines matières avec l'eau, puis de la durcir par la dessiccation et la cuisson. On utilise la plasticité de l'argile.

Platicité - C'est la propriété de la pâte de pouvoir éprouver des transformations considérables sans rupture et, en même temps, d'exiger pour cette déformation l'action d'une force notable.

Pâtes - Lorsqu'on fait varier la proportion d'eau dans une pâte, sa résistance et sa déformabilité varient, mais l'une augmente, tandis que l'autre diminue.

Classification des pâtes - On distingue:

- 1° Les pâtes sèches (moins de 10 % d'eau);
- 2° Les pâtes formes (10 à 20 % d'eau);
- 3° Les pâtes molles (20 à 30 % d'eau);
- 4° La barbotine (30 à 50 % d'eau).

Classification des produits céramiques

- 1° Poterics poreuses sans couverture: (La couverture est l'émail qui recouvre la faïence, la porcelaine.) Ce sont les terres cuites, briques, tuiles, tuyaux de drainage, carreaux, pièces diverses.
- 2° Les faïences, à pâte poreuse, rayée par l'acier, perméable aux liquides, avec une couverture imperméable. Elles se divisent en:
 - Faïences communes émaillées ou faïences stannifères;
 - Faïences fines à pâte blanche.
- 3° Les pâtes semi-vitrifiées à pâte compacte, dure, non rayée par l'acier, à cassure vitrifiée (grès et porcelaine).
- 4° Les matériaux réfractaires.

Produits réfractaires

Voir chapitre IV: FOURS.

Fabrication de la porcelaine et de la faïence

Porcelaine - La matière première employée dans la fabrication de la porcelaine est le kaolin, argile très pure formée de silicate d'aluminium hydraté (2SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$). On y ajoute une certaine proportion de feldspath (silicate double d'aluminium et de potassium), lequel a pour but de diminuer le retrait de la pâte pendant la cuisson et de faire éprouver au kaolin un certain degré de fusion qui le rend vitreux et translucide.

Pour fabriquer la porcelaine, on commence par délayer dans l'eau un mélange de 80 parties de kaolin et de 20 parties de feldspath finement pulvérisés. Lorsque la pâte a pris un degré de consistance convenable pour être mise en oeuvre, on confectionne les pièces soit au tour, soit par le moulage, puis on les fait sécher à une douce chaleur. Cette première opération, appelée le dégourdi, communique à la porcelaine une certaine dureté; mais la matière est encore très poreuse. C'est alors que l'on applique à la surface des pièces un vernis fusible et vitrifiable que l'on nomme couverte ou émail. Ce vernis se compose d'un mélange naturel de quartz et de feldspath, que l'on réduit en poudre, et que l'on délaye dans l'eau de manière à former une bouillie claire, nommée barbotine, dans laquelle on plonge les pièces. On procède ensuite à la cuisson.

Les fours dans lesquels on cuit la porcelaine se composent généralement de trois compartiments. Le compartiment supérieur, où la température est beaucoup moins élevée, sert à dégourdir les pièces; les deux compartiments inférieurs donnent la cuisson définitive.

Les pièces sont enveloppées dans des espèces d'étuis en terre réfractaires nommés cassettes, qui les préservent du contact de la fumée et des cendres qu'entraîne le courant d'air chaud. Telle était la disposition du four à porcelaine de la Manufacture de Sèvres. Lorsque la cuisson est terminée, ce qui exige plusieurs heures, on arrête le feu et on laisse le four se refroidir lentement avant d'enlever les pièces.

On décore la porcelaine en recouvrant sa surface de couleurs ou de substances métalliques, mêlées à des matières vitreuses plus ou moins fusibles. Le mélange, réduit en poudre impalpable, est broyé avec des essences de térébenthine ou de lavande, de manière à former une pâte, que l'on applique au pinceau; après quoi on soumet la poterie à une température assez élevée pour vitrifier l'enduit colorant.

Ces couleurs sont généralement des oxydes métalliques. Les bleus sont donnés par l'oxyde de cobalt; les verts par l'oxyde de chrome ou par l'oxyde de cuivre; les jaunes par l'oxyde d'uranium ou par le chromate de plomb; les rouges par le sesquioxyde de fer; les violets et les roses par le pourpre de Cassius.

L'or qui sert à dorer la porcelaine se prépare en précipitant une dissolution de perchlorure d'or par du sulfate ferreux. On ajoute à ce précipité un fondant composé de borax et d'oxyde de bismuth, et on en fait une pâte en broyant le tout avec de l'essence de térébenthine. Cette pâte est appliquée au pinceau sur la poterie vernissée. On soumet celle-ci à l'action du feu, et on donne à la dorure son éclat métallique au moyen du brunissoir.

Faïence - La faïence est composée d'argile plastique à laquelle on ajoute une proportion plus ou moins considérable de quartz réduit en poudre impalpable. Les objets fabriqués avec la pâte de faïence sont soumis à une première cuisson, qui les durcit beaucoup. On les recouvre ensuite d'un vernis fusible, formé de quartz, de carbonate de potassium et d'oxyde de plomb. Une seconde cuisson fait fondre le vernis, qui forme à la surface des objets une couche vitreuse et imperméable de silicate de potassium et de plomb. Ce vernis est transparent, et ne convient qu'aux faïences fines dont la pâte est blanche. Pour les faïences communes à pâte colorée, on rend le vernis opaque

on y ajoutant de l'oxyde d'alum., qui le transforme en un véritable émail.

Une transparence remarquable

Les nouveaux matériaux possèdent une résistance à la chaleur encore jamais atteinte et une transparence comparable à celle du verre a été mis au point aux Etats-Unis, par le Dr Robert L. Coble.

Cette matière que l'on a désignée sous le nom de "Lucalox", tout en ayant la composition d'une céramique, possède la même structure que les métaux. Ajoutons que le Lucalox est un diélectrique parfait. Dès à présent, on entrevoit de nombreuses applications à ce produit dans des domaines très divers. C'est ainsi que les lampes à incandescence de haute intensité dont le bulbe est en Lucalox, pourront avoir une puissance beaucoup plus considérable que celles que l'on utilise aujourd'hui, dont l'enveloppe extérieure est faite de quartz fondu.

Le Lucalox sera utilisé pour les lampes à rayons infra-rouges, utilisées tant dans le domaine médical que dans les laboratoires d'essais, pourra sans inconvénient être traité sans aucune des dimensions de l'appareil.

On envisage de l'utiliser pour fabriquer les sortitures des rubis servant d'outils pour polir les surfaces optiques de précision.

Le procédé de fabrication consiste essentiellement à comprimer à la température ambiante une poudre très tenue d'oxyde d'aluminium parfaitement pur; les moulages ainsi obtenus sont ensuite cuits, dans un four à une température très élevée. La pression a pour effet de relier entre eux les cristaux de la matière et d'éliminer les pores ou les bulles d'air qui existent toujours dans les céramiques ordinaires et qui nuisent à leur opacité.

Le produit ainsi obtenu est traité à une température atteignant 1 950°C. A distance, un bloc de "Lucalox" présente l'apparence d'une glace claire; au contact, un morceau parfaitement poli appliqué à plat sur un texte imprimé, laisse transparaître les caractères aussi bien qu'une glace. D'après les essais, le "Lucalox" peut se passer 90% de la lumière incidente dans la même épaisseur que le verre.

Cette dernière caractéristique à la chaleur, est obtenue à l'aide d'un silicureux aux lampes de tube sectionné de même longueur, d'une du nouveau matériau l'autre de quartz fondu. Lorsque la température a atteint 1 200°C. le verre de quartz est traité presque à angle droit sous son propre poids tandis que l'éprouvette de "Lucalox" a pu supporter à 755°C sans déformation aucune un poids qui lui pèse de 50 grammes sus attaché à son extrémité inférieure.

5. LE MATÉRIEL DE LA COMPARAISON

1. Le matériel principal

Matériel :

Les matériaux sont généralement les charpentiers, les ports, les pontons. Les constructeurs de divers types de navires.

I - Procédés généraux de construction métallique

Les éléments de différentes pièces entrant dans la construction des points et des charpentes sont fixés et attachés par des rivets ou soudés (électriquement).

Les différentes pièces peuvent être coulées à l'avance: il suffit dès lors de les assembler: on diminue ainsi le nombre de rivets ou de soudures.

Matières premières

Le fer et l'acier laminés, employés dans les charpentes, se trouvent sous forme de tôles, cornières, fers spéciaux à simple ou double T, fers en U, en V, en I, etc. Les profils laminés sont de toutes sortes: fers en Z, barres triangulaires, ronds creux et feuillards bombés, demi-ronds, cornières moulurées, etc.

II - Ponts métalliques

A. Ponts métalliques fixes:

- 1° Les ponts de chemin de fer ou ponts-raills, supportant une ou plusieurs voies ferrées.
- 2° Les ponts-routes, supportant un chemin, ou une route, pour les voitures et les piétons.
- 3° Les ponts mixtes, supportant une ou plusieurs voies ferrées, destinées aux trains d'intérêt local ou aux tramways urbains, ainsi qu'une chaussée destinée au passage exclusif des piétons.
- 4° Les passerelles, supportant une chaussée destinée au passage exclusif des piétons.
- 5° Les ponts canaux, destinés au passage des remorqueurs et des péniches.

B. Ponts métalliques mobiles

- 1° Les ponts-tournants: à volées équilibrées ou à une seule volée.
- 2° Les ponts-levis, qui se lèvent en pivotant autour d'un axe horizontal.
- 3° Les ponts basculants, composés d'une volée, se levant en tournant autour d'un axe horizontal et se prolongeant, au delà de cet axe, par une culasse dans laquelle se trouve l'équilibre.
- 4° Les ponts roulants basculants, dans lesquels les poutres du pont sont solidaires, à leur extrémité, du côté de la culée, d'une charpente en forme de roue, autour de laquelle s'enroulent plusieurs câbles. En exerçant une traction sur ces câbles les roues tournent sur les rails fixés sur la culée. Par suite de la solidarité des poutres et des roues, le pont se soulève.

- 5° Les ponts levants, qui se soulèvent verticalement, tout en restant horizontaux (à ne pas confondre avec les ponts levis classiques).
- 6° Les ponts roulants: ils roulent horizontalement sans tourner.
- 7° Les ponts transbordeurs: ils permettent le passage des navires, des piétons et les véhicules à toutes heures.

Le plancher d'un pont métallique, supportant les voies ferrées ou la chaussée, porte le nom de tablier.

Les premiers ponts suspendus ont été construits en Angleterre en 1796, et en Amérique, en 1820; leurs câbles de suspension, de 110 mètres de portée, étaient formés de véritables chaînes composées de maillons longs.

Les deux principaux inconvénients des ponts métalliques étant leur durée relativement faible et leur rivure, on a songé, au début du XXe siècle, à les supprimer en construisant des ponts à poutrelles enrobées: Les poutrelles en I sont complètement enrobées de béton.

III - Combles métalliques

Un comble est une charpente servant d'appui à une couverture destinée à protéger une partie du sol contre les intempéries, telles que le vent, la neige, et la pluie, et à permettre son éclairage et sa ventilation.

L'ossature métallique d'un comble se compose de pièces principales, appelées fermes, réunies entre elles par trois séries de pièces longitudinales appelées pannes, à savoir: les pannes faîtières, situées au sommet de la charpente, les pannes sablières, situées à la partie inférieure, et les pannes courantes, situées entre les deux premières séries.

Les différentes pannes supportent d'autres pièces, appelées chevrons, situées entre les fermes, inclinées suivant la pente de la toiture, et destinées à supporter la couverture (tuiles, ardoises, feuilles de zinc, etc.) par l'intermédiaire d'un battis métallique, ou d'un voilage en bois.

IV - Planchers métalliques

On distingue les types suivants:

- Planchers simples;
- Planchers avec filets transversaux;
- Planchers à filets longitudinaux;
- Planchers industriels (ordinairement de grande portée).

Notons que, lorsque la portée des solives (pièces principales) est grande, on augmente la hauteur du comble, et on peut en construire des types des ponts métalliques, à filets filets.

V - Construction métallique

On peut citer: les ponts métalliques suspendus, pontons métalliques; portes d'écluses; mâts métalliques (appelés abusivement pylônes); etc.

B - Construction mécanique

Comme l'écrit avec pertinence M. de Toro, construction mécanique est un "terme d'usage moderne" qui sert à désigner l'ensemble des industries consacrées à la fabrication des machines, moteurs, matériels pour industries diverses. On y fait entrer parfois diverses autres industries dépendant du métal, tel que la chaudronnerie, la tôlerie, la clouterie, l'armurerie, la construction électrique".

La démarcation entre la construction mécanique et les autres branches de l'industrie métallique est assez difficile.

A. Machines à vapeur

Elles utilisent l'expansion de la vapeur (d'eau) pour produire la force motrice.

I - Chaudières

Voir Chapitre II: Technologie de l'Énergie, A, B.

II - Moteurs à vapeur

Voir Chapitre II: Technologie de l'Énergie, A, C.

B. Machines-outils

Appareils destinés à faire fonctionner des outils mécaniquement.

1°) Machines déformant la matière à chaud ou à froid: par choc (marteaux-pilons, moutons, martinets, forgeuses, balanciers à friction); par compression (presses à forger, machines à refouler, presses à matricer, à estriper, à ceinturer; machines à sertir), par étirage (bancs à étirer, à tréfiler, machines à repousser, presses à emboutir, laminoirs).

2°) Machines désagrégeant la matière à froid: par enlèvement de copeaux avec des outils tranchants (tours de tous modèles, raboteuses, étaux-limeurs, mortaiseuses, perceuses, aléseuses, machines à fraiser, machines à tailler, scies, machines à bois); par cisaillement (cisailles, poinçonneuses, presses à découper, machines à trancher); par usure (machines à rectifier, machines à mouler, machines à surfacer, machines à affûter, machines à roder).

C - Construction navale

Théorie du navire

La théorie du navire a pour objet l'étude de la flottabilité et de la stabilité des navires, du roulis et du tangage, de la résistance à la manœuvre et de la propulsion.

Les questions de flottabilité et de stabilité relèvent de l'hydrostatique, elles ont pour base le principe d'Archimède.

Les questions relatives aux mouvements du navire et à sa propulsion, qui relèvent de l'hydrodynamique et de l'hydraulique, n'ont été abordées qu'au XVIII^e siècle, et n'ont pu être complètement résolues.

On appelle portée en lourd d'un navire le poids des marchandises susceptibles d'être embarquées tout en laissant le navire dans de bonnes conditions de navigabilité. Le poids du combustible nécessaire à la marche n'est pas compris dans l'évaluation de la portée en lourd. L'unité employée est la tonne métrique.

Le poids d'un navire se détermine en calculant le poids du volume d'eau déplacé: on admet pour l'eau de mer la densité 1,025; le poids du navire s'appelle aussi déplacement.

Le tonnage est la capacité cubique d'un navire ou de l'un de ses compartiments exprimé en tonneaux; ce tonneau étant égal à 100 pieds cubes anglais ou 2, 8316 mètres cubes.

La vitesse est la distance en milles que parcourt le navire en une heure. Le mille marin est la 60^e partie d'un degré équatorial, égale à environ 6,080 pieds anglais, soit 1 852 mètres. Six milles marins, ou six-vingt-sept noeuds égaux à 7 milles anglais environ.

Le loch est un appareil servant à mesurer la vitesse d'un navire. Constitué primitivement par une ligne se déroulant d'un touron et mesuré de distance en distance par des noeuds. En laissant filer cette ligne à la mer pendant que s'écoulait un sablier de 30 secondes (120^e partie de l'heure) et en espérant les noeuds de la 120^e partie du mille marin, on avait le nombre de milles ou de noeuds filés par le navire.

Donc le noeud est la longueur marquée par une série de noeuds sur la ligne de loch. Cette longueur est théoriquement de 15^e à 30^e, 120^e partie du mille marin.

Lorsqu'on dit qu'un navire file dix noeuds, il faut ajouter en 30 secondes (120^e partie de l'heure). Il serait plus exact de dire qu'il file 10 milles à l'heure. Mais c'est une faute de dire: 10 noeuds à l'heure !

Les parties du navire

Dans un navire, il y a lieu de distinguer la coque, l'appareil moteur ou propulseur et les agrès.

La coque se compose essentiellement de deux surfaces gauches (1), appelées flancs ou bords, qui sont montées sur la quille, pièce massive très forte qui occupe toute la longueur du navire et lui sert d'axe matériel.

Les deux moitiés longitudinales du navire sont appelées droite et gauche du navire, suivant la droite et la gauche d'un homme placé sur le navire et regardant du côté où il va; les expressions maritimes équivalentes sont: tribord et bâbord.

(1) En construction, gauche signifie: qui n'est pas droit ou pas plan.

Si l'on partage le navire en deux moitiés dans le sens de la largeur, l'avant s'appelle la proue et l'arrière, la poupe.

Le navire s'enfonce dans l'eau d'une certaine hauteur appelée tirant d'eau, qui varie naturellement avec la charge. La courbe d'intersection entre la surface de l'eau et les flancs s'appelle ligne de flottaison. Toute la partie du navire au-dessous de cette ligne porte le nom de carène ou oeuvres vives; la partie au-dessus s'appelle encastillage ou oeuvres mortes. Les flancs se rencontrent à l'avant sous un angle aigu afin de former comme un tranchant qui fende la masse de l'eau à la façon d'un coin; à l'arrière, ils se rencontrent sous un angle plus obtus.

L'ensemble de la coque est formé de la membrure (ou charpente ou carcasse) et des bordages.

La membrure est constituée par la quille, les côtes, les carlingues, l'étambot et l'étambot.

C'est sur la quille que sont implantées les côtes qui se font face deux à deux. Une paire de côtes vis-à-vis s'appelle couple. Les carlingues sont les pièces parallèles à la quille qui relient entre elles les varangues (ou parties droites fixées à la quille).

L'étambot est une pièce appuyée à l'arrière sur la quille, comme l'étrave l'est à l'avant. Il porte le gouvernail qui y est fixé par des attaches.

Schéma de la construction

1. Le tracé des différentes pièces de la charpente est fait sur le plancher de la salle à tracer en vraie grandeur.

2. Pour faciliter la construction, on relève les principales courbes du navire par des gabarits.

3. Le montage s'effectue soit sur une cale à découvert, disposée en plan incliné, facilitant le lancement, soit dans un bassin ou cale sèche, dont il suffit d'ouvrir les portes pour mettre le bâtiment à flot.

4. Assemblage: les couples sont montés aussitôt après la carlingue sur un berceau de montage.

5. Achèvement: quand le montage de la coque est suffisamment avancé pour que les différentes parties en soient indéformables, on met en place les appareils moteurs (machine à vapeur, turbine, moteur à combustion interne, moteur nucléaire), les appareils de mouillage (ancres et chaîne), les tourelles (des navires de guerre), l'aménagement intérieur. Tout ou partie de ces opérations sont réalisées à flot, après lancement.

Principaux types de bateaux et de navires

Voir Chapitre V.

Note - Voici, à titre documentaire, quelques chiffres relatifs au paquebot "France", lancé le 11 mai 1960:

Longueur	315 mètres
Déplacement	57 000 tonnes,
Propulsion	160 000 C.V.
Vitesse normale	31 nœuds
Poids des deux arbres porte-hélice	99 tonnes
Poids de la mâche du gouvernail avec accessoires	55 tonnes
Poids de la coque	34 000 tonnes

d - Construction électrique

Il s'agit de la construction des machines et des moteurs électriques. Voir Chapitre III: Technologie de l'énergie, F (électricité).

e - Bâtiment

Généralités

On entend par bâtiment, l'ensemble des différents ouvrages nécessaires à la construction des édifices, depuis le début des fouilles jusqu'à la terminaison des décorations.

Caractères et destination des bâtiments

On distingue les bâtiments suivants:

1. Maisons d'habitation;
2. Édifices publics somptueux: palais, monuments, temples, résidences, jardins, etc.;
3. Édifices culturels: écoles, églises et temples; musées; bibliothèques; salles de spectacles (théâtres, cinémas, opéras, etc.); centres sportifs; salles de concerts et de conférences; cités universitaires, etc.
4. Édifices publics utilitaires: mairies, maisons commerciales, hôtels de ville; centres administratifs; hôpitaux, cliniques, sanatoria; services publics (pompiers, gendarmerie, centrales et cabines électriques; châteaux d'eau et stations de pompage); bâtiments militaires (casernes, arsenaux, manèges, etc.); prisons; etc.
5. Édifices commerciaux: boutiques, bazars, grands magasins, halles; centres d'achat, entrepôts, miniques, halls d'exposition, etc.;
6. Édifices industriels: usines; gares; hangars, halles de montage, colonnes, etc.;
7. Les gratte-ciel: inébranlables à très nombreux étages, atteignant une grande hauteur.

Éléments de la construction

1. Stabilité verticale: les charges de l'édifice doivent être supportées et réparties sans faux calcul.

2. Stabilité horizontale: les murs doivent être rattachés les uns aux autres par des liaisons transversales (planchers ancrés dans les murs).
3. Pousse - On s'oppose à la poussée horizontale des voûtes et des charpentes à l'aide de tirants, de ceintures ou de voûtes latérales.
4. Eau - Elle est le pire ennemi des édifices, qu'elle mine; il faut donc veiller à l'évacuation rationnelle des eaux de pluies (gouttières, descentes, déversoirs, gargouilles, etc.) ainsi qu'à la protection contre les infiltrations d'eau (sol humide ou marécageux, proximité d'un cours d'eau ou d'une source, etc.).
5. Fondations: ouvrages situés au-dessous du plancher le plus bas de l'édifice.
6. Gros-oeuvre: il comprend divers éléments: murs, distributions ou cloisons; planchers, conduits de fumée et cheminées, etc.
7. Edification: construction effective du gros-oeuvre, qui débute à la livraison des matériaux et se termine avec le bâtiment.
8. Couverture: paroi inclinée (toiture) ou horizontale (terrasse) recouvrant la partie supérieure d'un édifice et dont le rôle est de recevoir et d'évacuer les eaux de pluie.
9. Vitrerie extérieures: menuiserie des portes et des fenêtres. Dès que les vitres sont posées le bâtiment est dit clos.
10. Agencement intérieur: c'est la finition du bâtiment.
11. Décoration: elle traduit les exigences esthétiques du maître de l'oeuvre.

Matériaux et techniques modernes

1. Les bâtiments à ossatures - Les matériaux de gros-oeuvre utilisés pour la réalisation des parties portantes des bâtiments, le plus souvent sous forme d'ossatures, sont encore du type classique (acier, béton armé).

Toutefois la technique de la précontrainte a modifié les modes d'utilisation du béton. Celui-ci cesse de plus en plus d'être un assemblage rigide d'éléments coulés sur place: le constructeur met en oeuvre des éléments préfabriqués où les contraintes sont déterminées, en grande partie, par l'auteur du projet.

L'ossature en acier à nœuds rigides cède le pas à l'ossature triangulaire, version modernisée des anciennes poutres à diagonales.

2. Les bâtiments à murs portants - Les matériaux de petit format (briques pleines, par exemple) sont remplacés par les blocs de terre cuite de grandes dimensions, d'où accélération de la pose. Au surplus, ces blocs possèdent d'intéressantes propriétés d'isolation thermique et acoustiques.

L'emploi de béton léger autoclavé (dont la fabrication en Belgique date de 1955) se généralise: il est trois ou quatre fois plus léger que le

béton ordinaire. Aussi peut-on l'utiliser en éléments de grand format (qui peuvent être coupés, sciés et cloués).

3. Diminution de la quantité d'eau utilisée - Comme chacun le sait, la plus grande partie de l'eau employée lors de la construction d'un immeuble (mortier, ciment, béton, plafonnage) doit être éliminée à grand frais de combustible, sans parler de la perte de temps parce que l'achèvement en est retardé.

Aussi utilise-t-on le moins possible de liant hydraulique ou aérien gâché sur le chantier et mis en oeuvre grâce à un apport important d'eau. On fait appel de plus en plus aux panneaux de revêtement en rouleaux ou en tapis, de matériaux à poser par collage plutôt que sur enduit.

Les carreaux de grès cérame se posent actuellement après un assemblage préliminaire sur papier. De même, le plâtre se présente sous la forme de grands panneaux de revêtement.

Enfin, on diminue les possibilités de fissure en mélangeant de l'asbeste au ciment.

4. Le module de base - La construction des bâtiments se dégage difficilement d'un stade crucial par lequel est entraîné, par la diversité des dimensions des matériaux ou éléments.

Il y a intérêt manifeste à la recherche de dimensions de base acceptées de commun accord par les fabricants, les architectes et les constructeurs.

Le module de base de 10 centimètres paraît être le plus avantageux.

En 1959 à Genève, un accord unanime a été réalisé, au sous-comité de l'habitat du Conseil Economique pour l'Europe, sur l'intérêt de l'utilisation extensive du système du module.

Les Anglo-Saxons se sont déclarés d'accord pour appliquer le système, avec un module de base du module de quatre pouces (10,16 cm).

Chez les Allemands, le parachèvement sera fondé sur le module de base de 10 cm, mais le gros-oeuvre (sous l'influence des dimensions existantes) maintiendra le module de 12,5 cm.

Notons que l'ossature fait également appel à la modulation et à la standardisation.

5. Le plastique - L'industrie met actuellement à la disposition de nombreux matériaux en plastique (par exemple, en polyéthylène) sous formes de plaques, feuilles et films, rouleaux translucides armés de fibres de verre, panneaux rigides (pour les plafonnages), les thermocouples, etc.

On utilise également des protections en certains endroits (pour les fenêtres, les portes) en polyéthylène ou en pétrole, le styrène, le méthacrylate, les résines phénoliques, les pigments qui filtrent les rayons ultraviolets (pour protéger les couleurs), les infra-rouges (qui ne causent la chaleur) dans le spectre de la lumière visible (qui provoque l'illumination).

f - Travaux publics

Ce sont les travaux exécutés dans un but d'intérêt public par l'Etat, les provinces, les communes, ou par les concessionnaires que ces collectivités se sont substitués.

Ces travaux concernent surtout les moyens de communication: chemins de fer, canaux, canaux, ports maritimes ou fluviaux, ponts.

Ils s'appliquent aussi aux ouvrages intéressant la défense nationale, fortifications, routes et chemins de fer stratégiques. Ils nécessitent parfois une expropriation après déclaration d'utilité publique. Leur exécution peut être assurée en régie directe par l'Administration elle-même, mais elle donne lieu le plus souvent à une adjudication au profit d'un entrepreneur préalablement agréé qui, après concurrence et publicité, offre les conditions les plus avantageuses.

- Voir Chapitre V : Equipement des transports.
- Le génie civil est l'art des constructions civiles.

g - Matériaux de construction

Matériau Général

Recherches sur l'extrait des matériaux de construction

Beaucoup de roches peuvent servir comme matériaux de construction, mais la craie, le gypse ou sulfate de calcium, les marnes (mélanges de calcaires et d'argile) et l'argille sont ceux d'usage.

Ces roches, traitées par la chaleur, se transforment et fournissent soit des matériaux agglomérés (craie, plâtre, ciment) soit des pierres artificielles dures comme les briques.

A. Craie

La craie chauffée au voisinage de 900°, se transforme en gaz carbonique CO₂ qui se dégage, et en oxyde de CaO.

B. Ciment

Ils sont obtenus par calcination de marnes (calcaires renfermant plus de 25 % d'argile) ou de la craie avec le calcaire ou de la craie.

C. Plâtre

Le plâtre s'obtient par calcination à faible température (120° maximum) le gypse ou pierre à plâtre.

D. Argilles, ardoises, briques, tuiles, céramiques

Argilles - Ce sont généralement des roches tendres, plus ou moins ductiles au toucher et qui deviennent dures par la cuisson.

Ardoise - C'est une roche argileuse d'aspect feuilleté et susceptible de se diviser en lames minces.

Briques - Elles sont faites en glaise, mélangée de sables, puis moulées (à la main, et, surtout à la machine) et cuites (en plein air ou dans des fours).

Tuiles - Elles sont préparées avec une argile très fine, sans calcaire, mélangée de sable. On les cuit au four.

Poteries - Celles utilisées dans la construction (pour remplacer les conduits en briques) sont fabriquées à la filière et retouchées quand la pâte est encore plastique, pour que les pièces s'adaptent ou s'assemblent bien.

h - Fabrication du plâtre

Le plâtre, employé dans les constructions, est du gypse (1) privé de son eau (21 %) par la calcination. Pour préparer le plâtre, on chauffe la pierre à plâtre dans des fours appelés fours à cuisson, installés à l'entrée des carrières de gypse.

On travaille avec le gypse pulvérisé (plâtre cru) des espèces de petites voûtes, semblables aux arches d'un pont, et on y charge d'autres pierres, de manière que les plus grosses, celles qui laissent entre elles le plus d'interstices, soient à la partie inférieure; on place au-dessus les fragments plus petits, puis les poussières. Des feux de fagots ou de broussailles, allumés sous les voûtes élèvent peu à peu la température, et déterminent la déshydratation du gypse. On conduit les feux de manière que la calcination se produise très lentement: elle dure de 10 à 12 heures. Malgré toutes les précautions employées pour rendre la température aussi uniforme que possible, il est bien évident que le plâtre, ainsi obtenu, contiendra du plâtre trop cuit: ce sera celui qui était le plus rapproché du feu; il contient aussi du gypse incomplètement déshydraté: c'est celui qui se trouvait le plus éloigné; il n'y aura de cuit au point voulu que les parties moyennes. Le plâtre incomplètement déshydraté est inerte ou peu actif; il n'y a que la partie convenablement cuite qui puisse s'hydrater rapidement et faire prise avec l'eau. Cependant le tout, mélangé et pulvérisé ensemble, forme un très bon plâtre. La prise du plâtre convenablement cuit détermine celle du plâtre trop cuit; la présence de 15 à 20 % de matières inertes ne nuit pas à ses qualités; elle empêche une trop grande augmentation de volume au moment de l'hydratation.

Le plâtre pulvérisé, et mélangé (gâché) avec son volume d'eau dégage de la chaleur, et se prend au bout de quelques instants en une masse solide, très dure, formée de cristaux de sulfate hydraté, enchevêtrés et frottés les uns avec les autres. Cette propriété permet d'employer le plâtre comme mortier dans les constructions.

(1) Le sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) est abondant dans la nature. Il constitue la pierre à plâtre. Les variétés les plus pures forment l'albâtre gypseux, plus tendre que l'albâtre calcaire.

Le plâtre, une fois cuit, se réduit en poussière, doit être conservé à l'abri de l'humidité, car, s'il a peu à peu absorbé de la vapeur d'eau, il ne fait plus prise avec l'eau; on dit qu'il est éteint.

Pour terminer, signalons que l'on obtient des résultats plus réguliers qu'au four à plâtre classique en employant des fours à cuve (avec foyer latéral) ou des fours rotatifs.

Usage. Le plâtre, mêlé avec une dissolution chaude de colle forte, fait prise plus vite qu'avec l'eau, mais il acquiert plus de dureté, et est susceptible de prendre un beau poli. On constitue alors le stuc. En ajoutant à la pâte des oxides colorés, on a des stucs qui imitent le marbre, et avec lesquels on fait des lambris, des colonnes, etc.

Plâtre blanc. - On obtient une matière jouissant des mêmes propriétés que le stuc, et résistant mieux aux intempéries de l'air, en trempant le plâtre cru dans une dissolution à 12 % d'alun, puis le soumettant à une nouvelle cuisson. On obtient un rouge sombre. Suivant M. Landrin, l'alun agit si l'on trempe dans le sulfure le carbonate de calcium, qui existe dans les plâtres ordinaires. On peut, par suite, remplacer l'alun par l'acide sulfurique, et faire agir cet acide sur le plâtre cru, de manière à n'avoir besoin que d'une seule cuisson au lieu de deux.

IX - PRESTATIONS DE SERVICES

7. LE TÉLÉGRAPHE

Télégraphe par fil

Une installation télégraphique par fil comprend essentiellement:

- 1° Une source électrique (piles ou accumulateurs),
- 2° Le transmetteur ou manipulateur, qui permet de mettre la source électrique en relation avec un fil conducteur (ligne) réunissant les deux postes, de sorte qu'on peut faire à volonté passer ou interrompre le courant dans le fil de ligne.
- 3° Le récepteur, dont les organes commandés par le courant produisent les signaux.

Le télégraphe Morse transmet des signaux caractérisés par des signaux longs et courts dénommés traits ou points.

Le télégraphe Hughes présente sur le Morse l'avantage d'imprimer directement sur papier les lettres de l'alphabet. Il assure une grande rapidité de transmission.

Télégraphie multiple

On a cherché à utiliser la ligne au maximum en envoyant en même temps plusieurs dépêches. Si deux postes, un à chaque extrémité d'une même ligne, peuvent transmettre en même temps, on a le télégraphe duplex; si deux postes à une extrémité de ligne transmettent à un seul même poste à l'autre extrémité, on a la télégraphie diplex. Enfin, la combinaison qui permet à deux postes de communiquer avec deux autres appareils s'appelle télégraphie quadruplex.

Télégraphie sous-marine

Le premier câble entre la France et l'Angleterre fut posé en 1850 et achevé en 1851, c'est la naissance du premier câble.

En août 1858, après quatre essais infructueux, le premier câble transatlantique était posé entre Terre-Neuve et l'Irlande.

Télégraphie sans fil (T.S.F.)

La T.S.F. est l'établissement de communications télégraphiques entre

deux stations éloignées, non reliées par un fil de ligne, un moyen d'ondes ou oscillations électriques.

Elle doit son origine aux travaux de Maxwell et de Hertz sur la propagation des ondes électriques.

Le poste de transmission actionné par une source d'énergie (batterie d'accumulateurs, dynamo, alternateur) transforme cette énergie en oscillations dans l'antenne; ces oscillations engendrent dans celle-ci et autour d'elle des effets d'induction qui se propagent dans l'espace. Une notable partie de l'énergie est ainsi rayonnée à distance, et peut être recueillie par des postes récepteurs et détectée pour être utilisée.

L'antenne de réception capte les ondes émises; accordée à la résonance à l'aide de selfs et de capacités (boîte de réception), elle est le siège d'un mouvement régulier ondulatoire.

La réception, d'abord assurée par le tube à limaille ou cohéreur de Branly, a été rendue pratique par la lampe (diode, triode, etc) mise au point par Lee de Forest (Voir chapitre III, Electronique).

Téléphotographie

On appelle téléphotographie ou phototélégraphie, la transmission à distance, par télégraphie, des images et des photographies. Le premier essai de téléphotographie est dû à Humphrey Davy qui parvint à tracer des lignes à distance en provoquant la décomposition de l'iodure de potassium.

Le téléautographe de Backwell est le premier appareil capable de transmettre à distance un dessin quelconque.

C'est en 1855 que l'abbé Caselli présente son pantélographe.

Citons aussi les appareils de Meyer et d'Arlicourt (1872) et de Korn (1907). Aujourd'hui, on utilise le bolinographe (et ses variantes) qui transmet des dessins ou des photographies appelés bolinogrammes.

Le principe sur lequel repose le phototélégraphe inventé par le Français Belin est simple : la photographie est fixée sur un cylindre mobile qui tourne autour de son axe et, en même temps, se déplace longitudinalement. Tous les points de l'image sont successivement éclairés par un faisceau lumineux très puissant. Une cellule photoélectrique se trouve différemment impressionnée suivant que le faisceau tombe sur une teinte plus ou moins intense de l'image, le courant correspondant varie également dans les mêmes conditions. Ce courant, après amplification, est transmis (directement ou par codes radiotélégraphiques) au poste récepteur. Ce dernier transforme le courant en intensité lumineuse et donne directement une reproduction fidèle de l'image.

Régie des Télégraphes et des Téléphones

En Belgique, la Régie des Télégraphes et des Téléphones est une "régie en administration personnelle", c'est-à-dire que les services publics centralisés restent sous l'autorité du ministre compétent, mais la régie est

dotée de la personnalité juridique pour des raisons purement techniques.

La loi du 13 octobre 1930 établit des servitudes dans l'intérêt du placement des lignes télégraphiques et téléphoniques.

La Régie a été établie par la loi du 19 juillet 1930 en vue d'exploiter, dans l'intérêt général et avec application de méthodes industrielles et commerciales, la télégraphie et la téléphonie avec ou sans fil.

B. LE TELEPHONE

Le téléphone de Graham Bell (1876) était utilisé à la fois comme récepteur et comme émetteur. Il était constitué par un aimant permanent sur lequel était bobiné du fil et dont l'armature était formée par une membrane de fer doux.

En voici le principe : si l'on dispose de deux appareils identiques, et si l'on relie par deux fils conducteurs les enroulements réalisés autour des aimants, on obtiendra un circuit fermé électriquement. Si l'on déplace l'armature devant l'électroaimant de l'appareil émetteur, il y a une variation de flux qui produit un courant électrique dans le circuit; ce courant entraînera le déplacement de l'armature de l'appareil récepteur. Si le mouvement imprimé à l'appareil émetteur est provoqué par des vibrations de la voix, on conçoit que la membrane de fer doux de l'appareil récepteur puisse reproduire les mêmes mouvements et, par conséquent, le son produit devant l'appareil émetteur.

Le microphone de Hughes et de nombreux types de récepteurs et de transmetteurs de plus en plus perfectionnés ont permis l'installation pratique des téléphones. On a obtenu de grands progrès en augmentant la partie utilisable des lignes par l'introduction des bobines de self (pupinisation) (1899) et en employant des lampes à électrodes comme amplificatrices et relais sans inertie (1918).'

La téléphonie automatique permet à chaque abonné de se mettre lui-même en communication, sans l'intermédiaire d'une standardiste, avec tout autre abonné.

Chaque poste téléphonique est muni d'une sonnerie d'appel, d'un transmetteur (microphone) devant lequel on parle, et d'un récepteur (écouteur téléphonique). Un double fil de ligne est indispensable.

C. T.S.F. et T.V. (Téléphonie sans fil et Télévision)

Lorsqu'une antenne émet des ondes entretenues d'amplitude constante, on ne perçoit, au poste récepteur, aucun son au téléphone si l'on ne dispose d'une hétérodyne (c'est-à-dire un petit oscillateur à lampe qui induit constamment une force électromotrice d'amplitude invariable dans le circuit de réception près duquel il est placé). Mais, si l'on fait varier cette amplitude, le courant, dans le téléphone varie également. Si on module l'amplitude des oscillations du poste à ondes entretenues, par les variations d'intensité

du courant d'un microphone, l'intensité du courant, dans l'antenne de réception aura la même forme que dans l'antenne d'émission, et, après détection, il sera possible de faire rendre au téléphone les sons de nature complexe qui constituent la parole.

En d'autres termes: le microphone assure, au poste émetteur, la transformation des variations d'intensité acoustique en variations d'intensité électrique; ces dernières variations sont ensuite confiées à une onde porteuse, de fréquence constante, l'amplitude des oscillations de l'antenne étant, à chaque instant, proportionnelle à l'intensité du courant microphonique; à la réception, la détection supprime partiellement l'une des alternances et le courant moyen d'intensité variable, à basse fréquence, qui agit sur le téléphone rend un son de même hauteur que celui enregistré par le microphone de la station émettrice.

Il est à noter que la téléphonie sans fil (T.S.F.) n'est entrée dans la pratique courante qu'avec l'apparition des lampes triodes qui engendrent des ondes parfaitement régulières à des fréquences aussi élevées qu'on le désire.

On appelle radiodiffusion (ou radio dans le langage courant), l'irradiation par ondes hertziennes, de nouvelles, de concerts, de conférences éducatives, artistiques, littéraires, scientifiques, etc.

Télévision

Voir chapitre III : Electronique.

D. LA POSTE

Principaux services assumés par la Régie des Postes

1° Le port des lettres. C'est la tâche essentielle :

- a) Envois ordinaires : Lettres - Cartes postales - Cartes de visite - Cartes illustrées - Imprimés - Journaux et publications périodiques - Papiers d'affaires - Factures et relevés de compte.
- b) Envois enregistrés : Lettres recommandées - Avis de réception.

2° Services financiers :

- a) Mandats postaux.
- b) Encaissements de factures.
- c) Service de la Caisse d'Epargne.
- d) Service des chèques postaux : chèques et virements postaux, versements; encaissements; prélèvements par chèques.
- e) Services divers : délivrances de certains fonds d'Etat (assainissement monétaire, etc.).

3° Colis postaux

4° Poste aérienne.

Union postale universelle

Une série de conventions ont été signées de 1874 à 1924 entre les différents Etats européens, en vue de réunir ces Etats en un territoire postal unique. Créée le 9 octobre 1874 à Berne, l'"Union postale générale", à partir de 1878 a pris le nom d'"Union postale universelle".

Sur le territoire de l'Union, les correspondances sont assujetties à un tarif aussi uniforme que possible.

E. LES TRANSPORTS

Routes

En Belgique, le Fonds des Routes (loi du 9 août 1955) est une administration dite personnalisée, qui est chargée d'exécuter, pour le compte de l'Etat, les travaux de construction des autoroutes, d'aménagement et de modernisation des routes de l'Etat.

Chemins de fer

Transport des voyageurs - C'est en tâtonnant qu'on est arrivé aux systèmes actuels de tarification.

En 1835, on payait de Bruxelles (Allée Verte) à Malines, soit 22 km, et selon la classe :

En berline (1ère classe extra)	F	2,50
En diligence (1ère classe ordinaire)	F	1,50
En char-à-bancs (2e classe)	F	1,-
En wagon (3e classe)	F	0,50

Ces prix de 1835 étaient extrêmement bas, ils faisaient ressortir le prix du voyage en 3e classe à 2,3 centimes par kilomètre, alors qu'on payait en diligence, 10 centimes par kilomètre.

Dès 1835, on voit clairement le souci de taxer les voyageurs d'après leurs revenus, c'est-à-dire d'après ce qu'ils peuvent payer.

Dès qu'on dépasse un certain prix les voyageurs se déclassent.

Dès 1836, le prix, jugé excessif des berlines fut abaissé de F 2,50 à F 1,75, mais on remonte le prix des places populaires de F 0,50 à F 0,75.

Comme le souligne un ancien directeur des chemins de fer (Ulises Lamalle) : dans ce fait apparaît un deuxième axiome : pour les recettes de chemin de fer, comme pour les impôts, les petits ruisseaux font de grandes rivières : c'est la masse qui produit les recettes.

C'est pour cela que - il y a quelques années - les catégories ont été limitées à deux classes (la I et la II). Le prix des abonnements appartient au type de tarifs décroissant avec la distance.

Pour favoriser les voyages, les billets aller et retour sont réduits de 1/2 à 2/3 suivant la distance parcourue.

Les réductions individuelles de tarifs sont fort nombreuses et guident le budget des chemins de fer (parlementaires, officiers de réserve, invalides de guerre, familles nombreuses, certaines catégories d'agents de l'Etat, etc.).

Transport des marchandises - On distingue :

- 1° La tarification au poids et au volume (appelée aussi système normal) : dans ce cas, on taxe la marchandise d'après le prix de revient du transport.
- 2° La tarification d'après la valeur de la marchandise : en effet, il est économiquement de taxer au même taux des marchandises de valeurs fort différentes, comme le sable et l'or par exemple. Ce taux sera la marchandise d'après ce qu'elle peut supporter comme prix de transport.

Les marchandises riches paient donc pour les marchandises pauvres : c'est le principe de la mutualité.

Quant à la valeur, elle est fixée d'office dans le tarif au chemin de fer, ou bien déclarée par l'expéditeur, avec contrôle de l'exploitant.

- 3° Le système mixte est basé sur la valeur, mais la tarification est tempérée, en ordre principal, par un intérêt à la formation de charges complètes, c'est-à-dire par un intérêt à utiliser complètement la capacité des wagons en vue de réduire le poids mort transporté.
- 4° La tarification des marchandises s'inspirera des règles suivantes :
 - a) La taxe de transport de chaque marchandise ne pourra être inférieure au prix de revient minimum du transport considéré, le chemin de fer devant au moins couvrir ses frais.
 - b) Elle ne pourra non plus être supérieure à la plus-value que le transport donne à cette marchandise.
- 5° Pratiquement, le tarif est divisé en classes de marchandises d'après leur valeur. On applique la progressivité de la taxe avec l'augmentation du poids transporté. Les expéditions fractionnées (donc celles qui ne remplissent pas entièrement un wagon) sont autorisées, mais elles sont réalisées en ce sens que l'expéditeur paie plus cher à l'unité tonne pour le transport de la marchandise que pour un tonneau de 20 tonnes.
- 6° Les tarifs spéciaux sont des tarifs sur lesquels le chemin de fer consent des réductions de prix sur les tarifs normaux en échange de l'acceptation par l'expéditeur de conditions spéciales (quantités minimum, régularité des envois, engagement de fidélité, etc.).

Navigation maritime

Développement de la navigation maritime -- La navigation maritime a subi des transformations non moins étonnantes que la construction et l'exploitation des voies ferrées; le bon marché des transports qu'elle effectue conduit à faire remonter les navires aussi loin que possible dans l'intérieur des terres.

Tout d'abord les voiliers, qui avaient encore, au XVIII^e siècle, un si faible tonnage, ont dû accroître leurs dimensions et leur vitesse, surtout depuis 1858, où une lutte s'est engagée entre la navigation à voiles et la navigation à vapeur. Les Américains ont les premiers inauguré des voiliers à marche rapide, et l'Allemagne en construisait encore au début de notre siècle, qui mesuraient plus de 120 mètres de long et qui jaugeaient 5.300 tonnes.

En outre, les navires ont largement profité des connaissances plus précises du régime des vents et des courants.

Tandis que la navigation à voiles perdait chaque jour du terrain, la navigation à vapeur se développait et se gagnait avec elle, présente une lutte dont l'issue ne pouvait être douteuse. L'emploi du fer et de l'acier pour la construction des coques, l'usage de l'hélice et les progrès des machines motrices joints à l'augmentation de la dimension et au nombre des navires ont marqué une succession de progrès qui ont également obligé les ports à transformer leur outillage. La part des voiliers qui était, vers 1850, de 96 % est tombée à 67,3 % en 1890; vers 1905, ils ne représentaient plus que 35 % du tonnage mondial. Aujourd'hui, la marine à voile ne joue plus de rôle.

Depuis 1945, on ne construit plus de navires à vapeur (steam ship) mais presque exclusivement des navires à moteur (motorship).

Actuellement, tous les navires (grands liners, paquebots mixtes, cargos, pétroliers ou tankers) parcourent les mers suivent des lignes dont le tracé dépend des conditions physiques de la navigation, mais surtout maintenant, des conditions commerciales : fret, voyageurs ou marchandises, qui déterminent les points de départ et les points d'arrivée. Entre ces lignes, s'étendent de véritables déserts marins.

Parmi les voies maritimes, le canal de Suez, construit de 1859 à 1869 par de Lesseps, est devenu la route classique qui conduit vers l'Extrême-Orient. Par ce canal, toute l'Europe, l'Afrique du Nord et la façade atlantique de l'Amérique du Nord se trouvent rapprochées de l'Asie des moussons, de l'Inde, de l'Australie, de l'Afrique orientale; or, les régions ainsi rapprochées sont les plus peuplées, les plus riches, les plus actives du globe. Par rapport à la voie du Cap, la distance pour atteindre Penang est ainsi raccourcie de 70 % pour Constantinople, de 55 % pour Singapour et Hongkong, de 50 % pour Bombay, de 38 % pour Londres et Liverpool.

Le canal de Panama est ouvert depuis le 15 août 1914; c'est une voie d'eau toute américaine, dont le rôle principal est de mettre en communication directe la côte Est de l'Amérique du Nord avec la côte Ouest de l'Amérique du Sud.

Fret - Le fret ou nolis est le prix du louage d'un navire. Régulé par les conventions des parties, il est habituellement constaté par une charte-partie ou par des connaissements.

Le propriétaire du navire ou son représentant est le fréteur; le ou les chargeurs sont des affréteurs.

Le fréteur qui a signé un connaissement est responsable des marchandises dès leur mise sous tente ou sur un quai, avant l'embarquement. Il doit également, à l'arrière, bonifier au porteur du connaissement les colis qui auraient pu être égarés, d'après la valeur des mêmes marchandises sous l'édiction du fret.

Exploitation

Les transporteurs - Les bateaux de navigation intérieure appartiennent soit à des ateliers indépendants, soit à des sociétés de transport qui emploient une flotte conduite par un personnel salarié, soit encore à des industriels ou à des commerçants qui sont leurs propres transporteurs.

Les contrats et les prix - On connaît trois types de conventions: le contrat au voyage, le contrat à temps et le contrat au tonnage.

Le contrat au voyage est conclu pour un voyage déterminé contre un fret calculé à la tonne.

Le contrat à temps est adopté pour les transports saisonniers effectués dans certaines régions, spécialement pour la livraison des récoltes bétérières aux sucreries, ou l'approvisionnement en argile de certaines cimenteries.

On appelle tour de rôle la répartition du trafic selon l'ordre chronologique des offres et le rang dans lequel les bateaux deviennent disponibles après déchargement.

Navigation aérienne

Les grandes entreprises aériennes sont groupées au sein de l'Association internationale des transports aériens (I.A.T.A.).

La tendance est de supprimer, dans le transport des voyageurs, la classe dite "touriste".

Deux classes seulement devront subsister: la classe supérieure qui sera dite première classe et la classe inférieure, dite classe économique, qui absorbera la classe intermédiaire "touriste". Nous assistons ainsi à une évolution analogue à celle des tarifs "voyageurs" aux chemins de fer.

En Belgique, la Régie des voies aériennes (arrêté-loi du 10 nov. 1946) est une "régie ou administration personnalisée". La Régie a pour objet de construire, d'aménager, entretenir et exploiter, dans l'intérêt public et avec application de méthodes industrielles, les aéroports et leurs dépendances et d'assurer la sécurité de la navigation aérienne.

T A B L E D E S M A T I E R E S

Première partie: PRODUITS COMMERCIALES

Chap. I: NOTIONS ELEMENTAIRES	1
A. Eléments de chimie générale	1
B. Réactions - Equations chimiques - Corps composés	17
C. Etude de quelques réactions	27
D. Classification des produits selon leur origine animale, végétale ou minérale	35
Chap. II: COMBUSTIBLES - CARBURANTS - LUBRIFIANTS	37
A. Généralités sur les combustibles	37
B. Combustibles solides	39
C. Combustibles liquides	47
D. Combustibles gazeux	50
E. Carburants	53
F. Lubrifiants	55
G. Géographie économique	58
Chap. III: MINERAIS ET METAUX	62
A. Minerais	62
B. Métaux	64
C. Géographie économique	80
Chap. IV: SILICE ET SILICATES	82
A. Silicium - Silice et silicates	82
B. Verres et glaces	85
C. Gobeletterie et cristallerie	86
D. Céramiques	87
Chap. V: MATERIAUX CALCAREUX	91
A. Le calcaire	91
B. Chaux	94
C. Ciments et béton	96
D. Sable et mortier	99
E. Gypse et plâtre	102
F. Marbre	102
G. Géographie économique	107
Chap. VI: PRODUITS CHIMIQUES	109
A. Acides minéraux	109
B. Chlorures de sodium et de potassium	109
C. Carbonates de sodium	117
D. Produits azotés	117
E. Engrais minéraux	110
F. Pétrochimie	111
G. Produits photosensibles	112
H. Géographie économique	115

Chap. VII: PRODUITS TEXTILES	115
A. Généralités sur les fibres textiles	115
B. Produits textiles d'origine minérale	116
C. Produits textiles d'origine végétale	116
D. Produits textiles d'origine animale	119
E. Produits textiles artificiels	122
F. Géographie économique	124
Chap. VIII: LE BOIS	127
I. Bois durs	129
II. Bois fins	130
III. Bois blancs	131
IV. Bois résineux indigènes	132
Géographie économique	134
Chap. IX: LE PAPIER	136
Géographie économique du papier	140
Chap. X: CAOUTCHOUC	141
A. Caoutchouc naturel	141
B. Caoutchoucs artificiels	144
C. Géographie économique	145
Chap. XI: MATIERES PLASTIQUES ET RESINES ARTIFICIELLES	147
Géographie économique	149
Chap. XII: PLANTES STIMULANTES ET PLANTES A EPICES	150
A. Plantes stimulantes	150
B. Plantes à épices	154
C. Géographie économique	156
Chap. XIII: ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE	158
A. Viande	158
B. Lait - Beurre - Fromage	159
C. Produits du petit élevage	161
D. Miel	161
E. Produits d'origine marine ou fluviale	161
F. Conserves des aliments	165
G. Géographie économique	168
Chap. XIV: MATIERES GRASSES D'ORIGINE ANIMALE ET VEGETALE	172
A. Généralités	172
B. Corps gras d'origine animale	172
C. Corps gras d'origine végétale	175
D. Cires	177
E. Savons	178
F. Géographie économique	179
Chap. XV: CUIRS ET PEAUX	181
Géographie économique	181
Chap. XVI: CEREALES - MEUNERIE - BOULANGERIE	183
A. Céréales	183
B. Meunerie	186
C. Boulangerie	189
D. Géographie économique	190

Chap. XVII: SUCRE	191
A. Généralités	191
B. Sucre et betterave	192
C. Sucre de canne	193
D. Sucre d'érable	194
E. Géographie économique	194
Chap. XVIII: BOISSONS ALCOOLIQUES	197
A. Fermentation	197
B. Alcool	197
C. Vin	199
D. Bière	201
E. Vinaigre	202
F. Géographie économique	203
Chap. XIX: MATIERES COLORANTES, TEINTURE ET IMPRESSIONS	208
A. Colorants	208
B. Teinture	210
C. Impression	211
D. Colorants pour denrées élémentaires	211
E. Géographie économique	212
Chap. XX: FRUITS ET LEGUMES	213
Principaux arbres fruitiers de nos régions	213
Principaux légumes et leurs particularités	213
Les agrumes	216
Deuxième partie: TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE	221
Chap. I: LE TRANSPORT DANS L'USINE ET LA MANUTENTION DES MATIERES	222
Chap. II: TECHNOLOGIE DE L'ENERGIE	226
A. Energie mécanique	226
B. Energie électrique	231
C. Energie rayonnante	243
D. Energie nucléaire	244
E. Fusées et moteurs à réaction	247
F. Energie hydraulique	248
G. Energie éolienne	250
H. Energie de la mer	251
I. Energie géothermique	252
Chap. III: ELECTRONIQUE - AUTOMATION - CYBERNETIQUE	254
A. Electronique	254
B. Automation	259
C. Cybernétique	261
Chap. IV: FOURS	263
Chap. V: EQUIPEMENT DES TRANSPORTS	266
A. Transports par route	266
B. Transports par chemin de fer	273
C. Transports par eau	276
D. Transports aériens	289

Chap. VI: LE PROBLEME DE L'ALIMENTATION EN EAU DANS L'INDUSTRIE	293
A. Les eaux	293
B. Captage des eaux	293
C. L'eau dans l'industrie	294
D. Traitement des eaux	296
E. Récupération de l'eau et des impuretés	297
Chap. VII: INDUSTRIES EXTRACTIVES	299
A. Gisements	299
B. Exploitation	301
Chap. VIII: INDUSTRIES DE TRANSFORMATION	304
A. Métallurgie	304
a) Généralités	304
b) Sidérurgie	307
c) Métaux non ferreux	315
B. Industrie chimique	320
C. Fabrication du ciment	324
D. Fabrication du verre	325
E. Industries diverses	327
a) Industrie textile	327
b) Industries alimentaires	329
c) Fabrication du papier	333
d) Industrie forestière	334
e) Industrie de la chaussure	334
f) Garages	335
g) Céramiques	336
F. Industries de la construction	338
a) Construction métallique	338
b) Construction mécanique	341
c) Construction navale	341
d) Construction électrique	344
e) Bâtiment	344
f) Travaux publics	347
g) Matériaux de construction	347
h) Fabrication du plâtre	348
Chap. IX: PRESTATIONS DE SERVICES	350
A. Le télégraphe	350
B. Le téléphone	352
C. T.S.F. et T.V.	352
D. La poste	353
E. Les transports	354

714 - 436



La Bibliothèque
Université d'Ottawa
Échéance

The Library
University of Ottawa
Date due

AUG 06 '80



JUL 23 '80



JAN 28 1989

FEB 01 1989

CE



CE HF 1041
.S67
COO SPREUTELS, M PRODUITS COM
ACC# 1129473

